



Fachbereich Mathematik

# Modulhandbuch

## Mathematical Physics

### Master of Science

Wintersemester 2018

Stand: 2. August 2018

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Beschreibung des Studiengangs</b>	<b>3</b>
1.1 Konzept des Studiengangs . . . . .	3
1.2 Qualifikationsziele . . . . .	3
1.3 Struktur des Studiengangs . . . . .	4
1.4 Mentoring . . . . .	4
<b>2 Studienverlaufsplan</b>	<b>6</b>
2.1 Übersicht nach Modulen . . . . .	6
2.2 Übersicht nach Studienverlauf . . . . .	8
2.3 Auswahl möglicher Studienverläufe . . . . .	9
2.4 Übersicht nach Studienverlauf und Prüfungsanforderungen . . . . .	13
<b>3 Modulbeschreibungen</b>	<b>15</b>
Studienbereich 1: Grundlagen Mathematische Physik . . . . .	15
Studienbereich 2: Erweiterungswissen . . . . .	23
Studienbereich 3: Freier Wahlpflichtbereich . . . . .	28
Studienbereich 4: Wissenschaftliches Arbeiten . . . . .	41

# 1 Beschreibung des Studiengangs

## 1.1 Konzept des Studiengangs

Der zweijährige wissenschaftlich-forschungsorientierte internationale Studiengang Master of Science Mathematical Physics wird gemeinsam von den Fachbereichen Mathematik und Physik angeboten und kann jährlich im Wintersemester begonnen werden. Er richtet sich an Studierende mit einem soliden Basiswissen sowohl im Bereich der Mathematik als auch im Bereich der Physik, und setzt einen Bachelorabschluss im Fach Mathematik oder Physik in einem Bachelorstudiengang mit einer Regelstudienzeit von sechs Semestern oder einen gleichwertigen Abschluss voraus. Die Disziplin Mathematische Physik beschäftigt sich mit der mathematisch rigorosen Formulierung und Analyse physikalischer Theorien und Modelle. In dem Master-Studium Mathematical Physics vertiefen die Absolventinnen und Absolventen daher ihre fachwissenschaftlichen Kenntnisse und Kompetenzen in der Mathematik und der Physik sowohl in interdisziplinären Veranstaltungen zur Mathematischen Physik als auch in disziplinären Veranstaltungen beider Fächer. Sie sind anschließend in besonderer Weise vorbereitet für Arbeitsfelder, bei denen typisch mathematische Kompetenzen im Zusammenwirken mit physikalischen Anwendungen gefragt sind.

Der Studiengang ist international sowohl von Seiten der Studierenden als auch von Seiten der Dozierenden und kann nicht ohne Englischkenntnisse studiert werden, da die Grundlagenmodule ausschließlich in englischer Sprache angeboten werden. Vorausgesetzt werden deshalb englische Sprachkenntnisse auf dem Niveau B2 nach dem Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmen für Sprachen (GER), wie sie z. B. mit Englisch in der Schule bis zum Abitur erworben werden. Der Studiengang ist vollständig auf Englisch studierbar, wobei abhängig vom Lehrangebot je Semester unter Umständen Einschränkungen bei der Modulwahl gegeben sein können.

## 1.2 Qualifikationsziele

Die Absolventinnen und Absolventen beherrschen theoretische Erklärungsansätze, Prinzipien und Methoden sowohl der Mathematik als auch der Theoretischen Physik. Sie verknüpfen physikalische Fragestellungen und ihre mathematische Modellierung und sind in der Lage, die Relevanz und Adäquatheit der mathematischen Modellierung und der daraus abgeleiteten mathematischen Resultate einzuordnen und zu hinterfragen. Sie können den aktuellen Forschungsstand im Bereich ihrer Spezialisierung wiedergeben und kritisch hinterfragen. Ihr vertieftes Wissen können die Absolventinnen und Absolventen für die Entwicklung und Lösung eigener Forschungsideen einsetzen. Sie können die Resultate ihrer Forschungsarbeiten vor einem wissenschaftlichen Publikum sowohl schriftlich als auch mündlich präsentieren, erläutern und vertiefend diskutieren. Im Rahmen der Seminare und des Moduls Mathematical Physics Colloquium üben die Studierenden zusätzlich zu den fachlichen Inhalten die Zusammenarbeit und den wissenschaftlichen Diskurs in interdisziplinär und international gemischten Gruppen.

Durch ihre Ausbildung in der Mathematischen Physik haben die Absolventinnen und Absolventen die Voraussetzungen dafür erworben, mathematische Modellierungsaufgaben sowohl in der Physik als auch in anderen Bereichen - wie beispielsweise der Technik oder den Wirtschaftswissenschaften - nach Einarbeitung in die spezielle Thematik professionell und erfolgreich zu bearbeiten. Sie sind überdies bestens auf die interdisziplinäre und internationale Zusammenarbeit in fachlich und kulturell gemischten Teams vorbereitet, wie sie heutzutage in allen Bereichen der Forschung und Entwicklung verbreitet sind.

### 1.3 Struktur des Studiengangs

Die Studierenden vertiefen sich im Studiengang M.Sc. Mathematical Physics in einem mathematischen Gebiet, das sich mit Fragen der Grundlagenforschung an der Schnittstelle zwischen Mathematik und Physik beschäftigt. Die Studierenden erbringen mindestens Leistungen im Umfang von 63 Leistungspunkten in diesem Studienschwerpunkt. Das schließt das Modul Scientific Project und die Masterarbeit ein. Die Studierenden werden zunächst durch vertiefende Vorlesungen und dann durch angeleitetes Selbststudium bis an die aktuelle Forschung herangeführt. In der Masterarbeit ist eine wissenschaftliche Fragestellung in Abstimmung mit dem Betreuer zu formulieren und weitgehend selbständig zu bearbeiten. Dies schließt die eigenständige Suche nach geeigneter Literatur, deren Auswertung, die Formulierung geeigneter methodischer Ansätze sowie die Darstellung der Projektergebnisse ein. Die Studierenden stellen in dieser Endphase des Studiums die Ergebnisse ihrer Masterarbeit im Mathematical Physics Colloquium vor und erhalten durch die Teilnahme an Vorträgen internationaler Gäste und lokaler Experten weitere Einblicke in aktuelle Forschungsthemen der Mathematischen Physik. Die Studierenden können sich in ihrem Studium sehr frei in der Mathematischen Physik, der Mathematik oder der Theoretischen Physik durch die freie Wahl entsprechender Kurse vertiefen. Neben den Pflichtmodulen des Abschnitts Grundlagen der Mathematischen Physik ist die einzige Einschränkung, dass im Abschnitt Erweiterungswissen mindestens je neun Leistungspunkte aus der Mathematik und aus der Theoretischen Physik, die nicht zur Mathematischen Physik gehören, eingebracht werden müssen, um die notwendige Breite des Studiums sicherzustellen. Die Studierenden haben dadurch zudem Studien auf dem Masterniveau in den Bereichen Mathematik und Theoretischen Physik nachgewiesen.

Die Regelstudienzeit für den Abschluss Master of Science Mathematical Physics beträgt vier Semester (120 Leistungspunkte). Dieses Studium wird mit der Masterarbeit (M.Sc. Thesis, 30 Leistungspunkte) abgeschlossen.

### 1.4 Mentoring

Zu Beginn des Masterstudiums bekommt jeder Student und jede Studentin einen Mentor bzw. eine Mentorin aus der Gruppe der am Studiengang beteiligten Dozentinnen und Dozenten für die Dauer des gesamten Studiums zugeteilt. Die Studierenden treffen ihre Mentorin bzw. ihren Mentor zu Studienbeginn und dann mindestens einmal pro Semester, um den weiteren Studienverlauf zu planen und zu besprechen; dazu zählt insbesondere die Besprechung des Studien- und Prüfungsplans gemäß der Studien- und Prüfungsordnung. Die im Studien- und Prüfungsplan vereinbarte Modulauswahl wird dokumentiert und an die Vorsitzende oder den Vorsitzenden des Prüfungsausschusses weitergeleitet. Durch dieses verpflichtende Mentoringprogramm wird sichergestellt, dass sich die

---

Studierenden zielgerichtet spezialisieren und dahingehend sinnvolle Kombinationen aus Mathematik- und Physikveranstaltungen wählen.

# 2 Studienverlaufsplan

## 2.1 Übersicht nach Modulen

Wir geben hier eine Übersicht über den Studienverlauf in Form einer Tabelle, die die im Studiengang zu belegenden Module aufzeigt.

Empfohlenes Fachsemester	Modulnummer	Modultitel	Art der Veranstaltungen	Art des Moduls	Studienleistung	Prüfungsform	ECTS-Punkte
<b>Studienbereich 1: Grundlagen Mathematische Physik</b>							
1	G1	Geometry in Physics	V+Ü	PM	ÜN	K o. mP	9
1	G2	Mathematical Quantum Theory	V+Ü	WPM	ÜN	K o. mP	9
2	G3	Mathematical Relativity	V+Ü	WPM	ÜN	K o. mP	9
2	G4	Mathematical Statistical Physics	V+Ü	WPM	ÜN	K o. mP	9
<b>Studienbereich 2: Erweiterungswissen</b>							
1–3	E1	Advanced Topics in Mathematics	V+Ü	PMW	ÜN	K o. mP	9
1–3	E2	Advanced Topics in Theoretical Physics	V+Ü	PMW	ÜN	K o. mP	9
2–3	ES	Seminar	S	PMW	s.M.	R	3
<b>Studienbereich 3: Freier Wahlpflichtbereich</b>							
2	FWP1	Advanced Topics in Mathematical Quantum Theory	V+Ü	WPM	ÜN	K o. mP	9
2	FWP1	Advanced Topics in Mathematical Quantum Theory (kurze Version)	V+Ü	WPM	ÜN	K o. mP	6
3	FWP2	Advanced Topics in Mathematical Relativity	V+Ü	WPM	ÜN	K o. mP	9
3	FWP2	Advanced Topics in Mathematical Relativity (kurze Version)	V+Ü	WPM	ÜN	K o. mP	6
3	FWP3	Advanced Topics in Mathematical Statistical Physics	V+Ü	WPM	ÜN	K o. mP	9
3	FWP3	Advanced Topics in Mathematical Statistical Physics (kurze Version)	V+Ü	WPM	ÜN	K o. mP	6
<b>Studienbereich 4: Wissenschaftliches Arbeiten</b>							
3	SP	Scientific Project	P	PM	s.M.	-	9
3–4	MC	Mathematical Physics Colloquium	C+C	PM	-	-	3
4	MT	Master Thesis	MA	PM	s.M.	MA	30

**Erläuterung der Abkürzungen:**

Art des Moduls : PM=Pflichtmodul, PMW=Pflichtmodul mit Wahlmöglichkeit, WPM=Wahlpflichtmodul  
Prüfungsform : MA=Masterarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit  
Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, Ü=Übungen, P=Projekt, S=Seminar,  
C=Kolloquium, Seminar oder Vorlesung  
Studienleistung : ÜN=Übungsnachweis  
Sonstiges : o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung

Zwei der drei Module Mathematical Quantum Theory, Mathematical Relativity und Mathematical Statistical Physics müssen belegt werden, das dritte kann optional belegt werden. Im "Freien Wahlpflichtbereich" können die drei aufgeführten Module des Studiengangs Mathematische Physik belegt werden. Alternativ können dort weiterführende Module aus den Studiengängen Master of Science Mathematik, Physik oder Astro and Particle Physics eingebracht werden, siehe auch Modulbeschreibungen [3](#).

## 2.2 Übersicht nach Studienverlauf

Wir geben zunächst einen allgemeinen Studienverlaufsplan, der die zeitliche Verteilung der Leistungspunkte nach Studienbereichen aufzeigt. Auf den folgenden Seiten finden sich dann beispielhafte Studienverlaufspläne für unterschiedliche Vertiefungen, bei denen für die Module E1 und E2 beispielhaft Kurse aus dem Wahlpflichtbereich gewählt wurden.

Semester	LP	Grundlagen Mathematische Physik	Erweiterungs- wissen	Freier Wahlpflichtbereich	Wissenschaftliches Arbeiten
1.	27	27 LP	21 LP	30 LP	
2.	30				
3.	31				42 LP
4.	32				

Abbildung 2.1: Allgemeiner Studienverlaufsplan



## 2.3 Auswahl möglicher Studienverläufe

Die im folgenden aufgeführten beispielhaften Studienverlaufspläne sollen einen Eindruck davon geben, wie das Studium bei entsprechender Wahl in den verschiedenen Vertiefungsrichtungen der Mathematischen Physik gestaltet werden könnte. Sie sind nicht als Empfehlungen zu verstehen. Auch werden nicht alle angegebenen Lehrveranstaltungen jährlich angeboten und nicht bei jeder der angegebenen Lehrveranstaltungen ist gewährleistet, dass sie in Englisch angeboten wird.

### Beispielhafter Studienverlaufsplan ohne Vertiefung

Semester	LP	Grundlagen Mathematische Physik	Erweiterungswissen	Freier Wahlpflichtbereich	Wissenschaftliches Arbeiten	
1.	27	Geometry in Physics (9 LP)	Lineare Partielle Differentialgleichungen (9 LP)			
		Mathematical Quantum Theory (9 LP)				
2.	30	Mathematical Relativity (9 LP)	Seminar(3 LP)	Mathematical Statistical Physics (9 LP)		
				Advanced Topics in Mathematical Quantum Theory (9 LP)		
3.	31		Quantenfeld-Theorie und Teilchen-Physik (9LP)	Advanced Topics in Mathematical Relativity (6 LP)	Mathematical Physics Colloquium (3 LP)	Scientific Project (9 LP)
				Advanced Topics in Mathematical Statistical Physics (6 LP)		Master Thesis (30 LP)
4.	32					

Abbildung 2.2: Der Studiengang Mathematical Physics kann großenteils ohne Wahl einer spezifischen Vertiefung studiert werden. In diesem Fall empfehlen wir alle vier Grundlagemodule G1 bis G4 und alle drei Fortgeschrittenen-Module FWP1 bis FWP3 zu belegen. Die Module des Studienbereichs Erweiterungswissen sollten dann passend zur geplanten Vertiefung im wissenschaftlichen Projekt und in der Masterarbeit gewählt werden (siehe z. B. die folgenden Studienverlaufspläne).

**Beispielhafter Studienverlaufsplan mit Vertiefung Quantum Theory**

Semester	LP	Grundlagen Mathematische Physik	Erweiterungswissen	Freier Wahlpflichtbereich	Wissenschaftliches Arbeiten	
1.	27	Geometry in Physics (9 LP)	Operatorentheorie (9 LP)			
		Mathematical Quantum Theory (9 LP)				
2.	30	Mathematical Statistical Physics (9 LP)	Quantenfeldtheorie und Teilchenphysik (9 LP)	Advanced Topics in Mathematical Quantum Theory (9 LP)		
			Seminar(3 LP)			
3.	31			Variationsrechnung (9 LP)	Mathematical Physics Colloquium (3 LP)	Scientific Project (9 LP)
				Numerische Methoden in Physik und Astrophysik (6 LP)		
				Theorie der kondensierten Materie (6 LP)		
4.	32					Master Thesis (30 LP)

Abbildung 2.3: Die mathematischen Grundlagen der Quantentheorie gehören in wesentlichen Teilen zum Bereich der Analysis. Wir empfehlen deshalb bei der Wahl der Vertiefung in einem der Bereiche Mathematische Quantentheorie, Quantenfeldtheorie, Theoretische Festkörperphysik, Quanten-Vielteilchen-Systeme oder Theorie der Quanteninformation im Studienbereich Erweiterungswissen Kurse aus dem Bereich der Analysis zu belegen, z. B. Operatorentheorie, Partielle Differentialgleichungen, Variationsrechnung oder Numerische Analysis.

### Beispielhafter Studienverlaufsplan mit Vertiefung Relativity

Semester	LP	Grundlagen Mathematische Physik	Erweiterungswissen	Freier Wahlpflichtbereich	Wissenschaftliches Arbeiten	
1.	27	Geometry in Physics (9 LP)	Astronomie und Astrophysik (9 LP)			
		Mathematical Quantum Theory (9 LP)				
2.	30	Mathematical Relativity (9 LP)	Nichtlineare partielle Differentialgleichungen (9 LP)	Riemannsche Geometrie (9 LP)		
			Seminar(3 LP)			
3.	31			Advanced Topics in Mathematical Relativity (9 LP)	Mathematical Physics Colloquium (3 LP)	Scientific Project (9 LP)
				Theoretische Astrophysik (6 LP)		
				Numerische Methoden in Physik und Astrophysik (6 LP)		
4.	32					Master Thesis (30 LP)

Abbildung 2.4: Die mathematischen Grundlagen der Relativitätstheorie gehören in wesentlichen Teilen den Bereichen Geometrie und Analysis an. Wir empfehlen deshalb bei der Wahl der Vertiefung in einem der Bereiche Mathematische Relativitätstheorie, Astronomie, Kosmologie oder Astrophysik Kurse aus dem Bereich der Geometrie, z. B. Riemannsche Geometrie und Lorentzsche Geometrie, oder aus dem Bereich der Analysis, z. B. Partielle Differentialgleichungen, Variationsrechnung oder Numerische Analysis, zu belegen.

### Beispielhafter Studienverlaufsplan mit Vertiefung Statistical Physics

Semester	LP	Grundlagen Mathematische Physik	Erweiterungswissen	Freier Wahlpflichtbereich	Wissenschaftliches Arbeiten	
1.	27	Geometry in Physics (9 LP)	Stochastische Prozesse (9 LP)			
		Mathematical Quantum Theory (9 LP)				
2.	30	Mathematical Relativity (9 LP)	Fortgeschrittene Statistische Physik (9 LP)	Mathematical Statistical Physics (9 LP)		
				Dichtefunktionaltheorie für klassische und Quantensysteme (6 LP)		
3.	31		Seminar (3LP)	Advanced Topics in Mathematical Statistical Physics (6 LP)	Mathematical Physics Colloquium (3 LP)	Scientific Project (9 LP)
				Mathematische Statistik (9 LP)		
4.	32					Master Thesis (30 LP)

Abbildung 2.5: Die mathematischen Grundlagen der Statistischen Physik gehören in großen Teilen dem Bereich der Stochastik an. Wir empfehlen deshalb bei der Wahl der Vertiefung im Bereich Mathematische Statistische Physik, Soft Matter oder Dichtefunktionaltheorie Kurse im Bereich Stochastik zu belegen, z. B. Stochastische Prozesse oder Mathematische Statistik.

## 2.4 Übersicht nach Studienverlauf und Prüfungsanforderungen

Übersicht nach Studienverlauf und Prüfungsanforderungen													
		Prüfungsleistung				Lehrform			Semester				
		Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Gewichtung bei der Abschlussnote	Art der Lehrform	Status	SWS	Summe der ECTS-Punkte (LP)	Die Zuordnung der Prüfungen / ECTS-Punkte zu Semestern hat empfehlenden Charakter. Die Zuordnung von ECTS-Punkten zu Veranstaltungen haben informativen Charakter. Die Gutschrift von Leistungspunkten erfolgt erst nach Abschluss des Moduls.			
										1. LP	2. LP	3. LP	4. LP
<b>Studienbereich Grundlagen Mathematische Physik</b>									<b>27</b>				
G1 Geometry in Physics								6	9				
1.	Vorlesung	K o. mP	90–120 o. 20–30	b	9	V	o	4		6			
2.	Übung					Ü	o	2		3			
G2 Mathematical Quantum Theory								6	9				
1.	Vorlesung	K o. mP	90–120 o. 20–30	b	9	V	f	4		6			
2.	Übung					Ü	f	2		3			
G3 Mathematical Relativity								6	9				
1.	Vorlesung	K o. mP	90–120 o. 20–30	b	9	V	f	4			6		
2.	Übung					Ü	f	2			3		
G4 Mathematical Statistical Physics								6	9				
1.	Vorlesung	K o. mP	90–120 o. 20–30	b	9	V	f	4			6		
2.	Übung					Ü	f	2			3		
<b>Studienbereich Erweiterungswissen</b>									<b>21</b>				
E1 Advanced Topics in Mathematics								6	9				
1.	Vorlesung	K o. mP	90–120 o. 20–30	b	9	V	o	4		6			
2.	Übung					Ü	o	2		3			
E2 Advanced Topics in Physics								6	9				
1.	Vorlesung	K o. mP	90–120 o. 20–30	b	9	V	o	4			6		
2.	Übung					Ü	o	2			3		
E3 Seminar								2	3				
1.	Seminar	R	45–90	b	3	S	o	2				3	
<b>Studienbereich Freier Wahlpflichtbereich</b>									<b>30</b>				
<p>Hier können die Module FWP1, FWP2 und / oder FWP3 genauso gewählt werden wie andere geeignete Module aus den Studiengängen Master of Science Mathematik, Physik oder Astro- und Teilchenphysik. Die Wahl muss in Absprache mit dem Mentor getroffen werden. Module aus anderen Studiengängen können vom Prüfungsausschuss genehmigt werden.</p>													

Übersicht nach Studienverlauf und Prüfungsanforderungen														
		Prüfungsleistung				Lehrform					Semester			
		Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Gewichtung bei der Abschlussnote	Art der Lehrform	Status	SWS	Summe der ECTS-Punkte (LP)	Die Zuordnung der Prüfungen / ECTS-Punkte zu Semestern hat empfehlenden Charakter. Die Zuordnung von ECTS-Punkten zu Veranstaltungen haben informativen Charakter. Die Gutschrift von Leistungspunkten erfolgt erst nach Abschluss des Moduls.				
										1. LP	2. LP	3. LP	4. LP	
FWP1 Advanced Mathematical Quantum Theory								4/6	6/9					
1.	Vorlesung	K o. mP	90–120 o. 20–30	b	9	V	f	2/4			3/6			
2.	Übung					Ü	f	2			3			
FWP2 Advanced Mathematical Relativity								4/6	6/9					
1.	Vorlesung	K o. mP	90–120 o. 20–30	b	9	V	f	2/4			3/6			
2.	Übung					Ü	f	2			3			
FWP3 Advanced Mathematical Statistical Physics								4/6	6/9					
1.	Vorlesung	K o. mP	90–120 o. 20–30	b	9	V	f	2/4			3/6			
2.	Übung					Ü	f	2			3			
<b>Studienbereich Wissenschaftliches Arbeiten</b>								<b>42</b>						
SP Scientific Project									9					
1.	Projekt	Proj.		nb	9		o				9			
MC Mathematical Physics Colloquium									3					
1.	Kolloquium			nb			o				1	2		
MT Master Thesis									30					
1.	Masterarbeit	MA		b	30		o						30	
<p><b>Erläuterung der Abkürzungen:</b>                  Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet                  Prüfungsform : MA=Masterarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit                  Lehrform : V=Vorlesung, Proj.=Projektarbeit, Koll.=Kolloquium, Ü=Übungen, S=Seminar                  Status : o=obligatorisch, f=fakultativ                  Sonstiges : o.=oder, SWS=Semesterwochenstunden, LP=Leistungspunkte=ECTS-Punkte</p>														

# 3 Modulbeschreibungen

## Studienbereich 1: Grundlagen Mathematische Physik

<b>Modulnummer:</b> G1	<b>Modultitel:</b> Geometry in Physics		<b>Art des Moduls:</b> Pflichtmodul							
<b>ECTS-Punkte</b>	9									
<b>Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium</b>	Arbeitsaufwand: 270 h		Kontaktzeit: 90 h			Selbststudium: 180 h				
<b>Moduldauer</b>	1 Semester									
<b>Häufigkeit des Angebots</b>	Wintersemester									
<b>Fachsemester</b>	1									
<b>Unterrichtssprache</b>	Englisch									
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung 4 SWS + Übungen 2 SWS, Hausaufgaben									
<b>Modulinhalt</b>	Das Modul beinhaltet eine Einführung in grundlegende Methoden der Differentialgeometrie und ihre Bedeutung in der Physik. Themen sind insbesondere Mannigfaltigkeiten, Differentialformen, Riemannsche Metriken und zugehörige Krümmungsbegriffe, Riemannsche Geometrie von Untermannigfaltigkeiten, reelle und komplexe Vektorbündel und Zusammenhänge. Es werden beispielhaft Anwendungen in der Physik genannt.									
<b>Qualifikationsziele</b>	Die Studierenden kennen und verstehen die genannten Begriffe der Differentialgeometrie und die grundlegenden Techniken im Umgang mit ihnen. Sie sind zu einem vertieften Verständnis insbesondere der Differential- und Integralrechnung gelangt und haben beispielhaft erfahren, wie die mathematischen Konzepte in natürlicher Weise in physikalischen Theorien Anwendung finden. Sie sind in der Lage, die Aussagen und Beweise der Vorlesung nachzuvollziehen und zu erklären. In den Übungen haben sich die Studierenden einen sicheren, präzisen und selbständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden aus der Vorlesung erarbeitet. Sie haben gelernt, die Methoden auf neue Probleme zu übertragen, diese zu analysieren und Lösungsstrategien alleine oder im Team zu entwickeln.									
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)</b>		Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Titel									
	Geometry in Physics	V Ü	o o	4 2	6 3	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
	Die Prüfungsform wird vom Dozenten bzw. der Dozentin festgelegt.									
<b>Verwendbarkeit</b>	Modul G1 entspricht dem Modul Analysis auf Mannigfaltigkeiten. Der erfolgreiche Abschluss dieses Moduls ist Voraussetzung für die Teilnahme am Modul G3 Mathematical Relativity, am Modul ES Seminar und am Modul SP.									

<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	–
<b>Modulverantwortliche</b>	Christoph Bohle, Carla Cederbaum, Stefan Teufel
<b>Erläuterung der Abkürzungen:</b> Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet Prüfungsform : MA=Masterarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, Ü=Übungen, P=Projekt, S=Seminar, C=Kolloquium, SV=Seminar oder Vorlesung Status : o=obligatorisch, f=fakultativ Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden	



<b>Modulnummer:</b> G2	<b>Modultitel:</b> Mathematical Quantum Theory				<b>Art des Moduls:</b> Wahlpflichtmodul					
<b>ECTS-Punkte</b>	9									
<b>Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium</b>	Arbeitsaufwand: 270 h			Kontaktzeit: 90 h			Selbststudium: 180 h			
<b>Moduldauer</b>	1 Semester									
<b>Häufigkeit des Angebots</b>	Wintersemester									
<b>Fachsemester</b>	1									
<b>Unterrichtssprache</b>	Englisch									
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung 4 SWS + Übungen 2 SWS, Hausaufgaben									
<b>Modulinhalt</b>	Dieses Modul bietet eine Einführung in mathematische Methoden, die zur Formulierung und Analyse von Quantentheorien eine wesentliche Rolle spielen. Themen sind insbesondere die Fourier-Transformation, Distributionen, Hilbert-Räume, unitäre Gruppen und ihre Erzeuger, Spektraltheorie selbst-adjungierter Operatoren, Spektralsatz, Tensor-Produkte, POVMs, Spektralmaße sowie Spurklasseoperatoren. Es können zusätzlich Grundideen aus einem weiterführenden Bereich behandelt werden, beispielsweise aus der Streutheorie, der Stabilität der Materie, der semi-klassischen Analysis oder der Hartree-Fock-Theorie. Die genannten mathematischen Methoden und Gebiete werden in der Vorlesung aus der Quantentheorie heraus motiviert und an Beispielen aus der Quantentheorie angewendet.									
<b>Qualifikationsziele</b>	Studierende kennen und verstehen die genannten Begriffe und Methoden und können mit ihrer Hilfe bekannte und neue Fragestellungen aus der Quantentheorie analysieren. Sie sind in der Lage, die Aussagen und Beweise der Vorlesung nachzuvollziehen und zu erklären. Weiterhin verknüpfen sie physikalische Fragestellungen und ihre mathematische Modellierung und sind in der Lage, die Relevanz und Adäquatheit der mathematischen Modellierung und der aus ihr abgeleiteten mathematischen Resultate zu hinterfragen. In den Übungen haben sich die Studierenden einen sicheren, präzisen und selbständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden aus der Vorlesung erarbeitet. Sie haben gelernt, die Methoden auf neue Probleme zu übertragen, diese zu analysieren und Lösungsstrategien alleine oder im Team zu entwickeln.									
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)</b>		Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Titel									
	Mathematical Quantum Theory	V Ü	o o	4 2	6 3	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
	Die Prüfungsform wird vom Dozenten bzw. der Dozentin festgelegt.									
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Mathematik. Der erfolgreiche Abschluss eines der Module G2, G3 oder G4 ist Voraussetzung für die Teilnahme an Modul SP. Der erfolgreiche Abschluss von Modul G2 ist Voraussetzung für die Teilnahme an Modul FWP1 Mathematical Quantum Theory.									
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	-									
<b>Modulverantwortliche</b>	Christian Hainzl, Stefan Teufel									

**Erläuterung der Abkürzungen:**

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : MA=Masterarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, Ü=Übungen, P=Projekt, S=Seminar,  
C=Kolloquium, SV=Seminar oder Vorlesung

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

<b>Modulnummer:</b> G3	<b>Modultitel:</b> Mathematical Relativity		<b>Art des Moduls:</b> Wahlpflichtmodul							
<b>ECTS-Punkte</b>	9									
<b>Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium</b>	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h							
<b>Moduldauer</b>	1 Semester									
<b>Häufigkeit des Angebots</b>	Sommersemester									
<b>Fachsemester</b>	2									
<b>Unterrichtssprache</b>	Englisch									
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung 4 SWS + Übungen 2 SWS, Hausaufgaben									
<b>Modulinhalt</b>	Dieses Modul bietet eine Einführung in die Mathematische Relativitätstheorie. Themen sind insbesondere Newtons Gravitationstheorie, spezielle Relativitätstheorie, relativistische Effekte, Einstein-Gleichung, Schwarzschild-Modell. Optional können zusätzlich weitere Themen behandelt werden, beispielsweise kosmologische Modelle, Materie-Modelle, schwarze Löcher, Cauchy-Problem und ADM-Zerlegung, Singularitätentheoreme oder Gravitationswellen.									
<b>Qualifikationsziele</b>	Studierende kennen und verstehen die genannten Begriffe und Methoden und können mit ihrer Hilfe bekannte und neue Fragestellungen aus der Relativitätstheorie analysieren. Sie sind in der Lage, die Aussagen und Beweise der Vorlesung nachzuvollziehen und zu erklären. Weiterhin verknüpfen sie physikalische Fragestellungen und ihre mathematische Modellierung und sind in der Lage, die Relevanz und Adäquatheit der mathematischen Modellierung und der aus ihr abgeleiteten mathematischen Resultate zu hinterfragen. In den Übungen haben sich die Studierenden einen sicheren, präzisen und selbständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden aus der Vorlesung erarbeitet. Sie haben gelernt, die Methoden auf neue Probleme zu übertragen, diese zu analysieren und Lösungsstrategien alleine oder im Team zu entwickeln.									
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)</b>		Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Titel									
	Mathematical Relativity	V Ü	o o	4 2	6 3	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
	Die Prüfungsform wird vom Dozenten bzw. der Dozentin festgelegt.									
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Mathematik. Der erfolgreiche Abschluss eines der Module G2, G3 oder G4 ist Voraussetzung für die Teilnahme an Modul SP. Der erfolgreiche Abschluss von Modul G3 ist Voraussetzung für die Teilnahme an Modul FWP2 Advanced Topics in Mathematical Relativity.									
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	Modul G1 Geometry in Physics									
<b>Modulverantwortliche</b>	Carla Cederbaum, Gerhard Huisken, Frank Loose									

**Erläuterung der Abkürzungen:**

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : MA=Masterarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, Ü=Übungen, P=Projekt, S=Seminar,  
C=Kolloquium, SV=Seminar oder Vorlesung

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

<b>Modulnummer:</b> G4	<b>Modultitel:</b> Mathematical Statistical Physics				<b>Art des Moduls:</b> Wahlpflichtmodul					
<b>ECTS-Punkte</b>	9									
<b>Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium</b>	Arbeitsaufwand: 270 h			Kontaktzeit: 90 h			Selbststudium: 180 h			
<b>Moduldauer</b>	1 Semester									
<b>Häufigkeit des Angebots</b>	Sommersemester									
<b>Fachsemester</b>	2									
<b>Unterrichtssprache</b>	Englisch									
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung 4 SWS + Übungen 2 SWS, Hausaufgaben									
<b>Modulinhalt</b>	Dieses Modul bietet eine Einführung in die Mathematische Statistische Physik. Themen sind insbesondere Konzepte der Wahrscheinlichkeitstheorie, die klassische statistische Mechanik von Gasen (Äquivalenz von Ensembles, thermisches Gleichgewicht, Boltzmann-Gleichung, Entropie), die Brownsche Bewegung (stochastische Prozesse, Wiener-Prozess), Gittermodelle (Ising-Modell, Gibbs-Maße, thermodynamischer Limes, Phasenübergänge), statistische Quantenmechanik (quantenmechanische Ensembles, Übergang ins thermische Gleichgewicht, Bose-Einstein-Kondensation). Optional können zusätzlich weitere Themen behandelt werden, beispielsweise offene Quantensysteme, Transportphänomene, Renormierungsgruppe oder Fluktuations-Dissipations-Theoreme.									
<b>Qualifikationsziele</b>	Studierende kennen und verstehen die oben genannten Begriffe und Methoden und können mit ihrer Hilfe bekannte und neue Fragestellungen aus der Statistischen Physik analysieren. Sie sind in der Lage, die Aussagen und Beweise der Vorlesung nachzuvollziehen und zu erklären. Weiterhin verknüpfen sie physikalische Fragestellungen und ihre mathematische Modellierung und sind in der Lage, die Relevanz und Adäquatheit der mathematischen Modellierung und der aus ihr abgeleiteten mathematischen Resultate zu hinterfragen. In den Übungen haben sich die Studierenden einen sicheren, präzisen und selbständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden aus der Vorlesung erarbeitet. Sie haben gelernt, die Methoden auf neue Probleme zu übertragen, diese zu analysieren und Lösungsstrategien alleine oder im Team zu entwickeln.									
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)</b>		Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Titel									
	Mathematical Statistical Physics	V Ü	o o	4 2	6 3	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
	Die Prüfungsform wird vom Dozenten bzw. der Dozentin festgelegt.									
<b>Verwendbarkeit</b>	Der erfolgreiche Abschluss eines der Module G2, G3 oder G4 ist Voraussetzung für die Teilnahme an Modul SP. Der erfolgreiche Abschluss von Modul G4 ist Voraussetzung für die Teilnahme an Modul FWP3 Advanced Topics in Mathematical Statistical Physics.									
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	-									
<b>Modulverantwortliche</b>	Marcello Porta, Roderich Tumulka									

**Erläuterung der Abkürzungen:**

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : MA=Masterarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, Ü=Übungen, P=Projekt, S=Seminar,  
C=Kolloquium, SV=Seminar oder Vorlesung

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

## Studienbereich 2: Erweiterungswissen

<b>Modulnummer:</b> E1	<b>Modultitel:</b> Advanced Topics in Mathematics		<b>Art des Moduls:</b> Pflichtmodul mit Wahlmöglichkeit							
<b>ECTS-Punkte</b>	9									
<b>Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium</b>	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h							
<b>Moduldauer</b>	1 Semester									
<b>Häufigkeit des Angebots</b>	jedes Semester									
<b>Fachsemester</b>	1–3									
<b>Unterrichtssprache</b>	Englisch oder Deutsch									
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung 4 SWS + Übungen 2 SWS, Hausaufgaben									
<b>Modulinhalt</b>	Es müssen eine oder mehrere Vorlesungen mit den jeweiligen Übungen im entsprechenden Umfang aus dem Studiengang M.Sc. Mathematik belegt werden. Empfohlene Themengebiete sind beispielsweise Partielle Differentialgleichungen, Numerik von Differentialgleichungen, Harmonische Analysis, Lie-Gruppen, Nichtlineare Funktionalanalysis, Operatoren-Theorie, Stochastische Prozesse, Variationsrechnung, Symplektische Geometrie, Algebraische Topologie oder Algebraische Geometrie. Weitere Informationen zum Angebot finden sich im Modulhandbuch des Studiengangs M.Sc. Mathematik.									
<b>Qualifikationsziele</b>	Die Studierenden erarbeiten sich losgelöst von der physikalischen Anwendung vertiefte Kenntnisse in einem ausgewählten mathematischen Teilgebiet. Sie verbreitern damit die Basis ihres mathematischen Wissens und erweitern die ihnen zur Verfügung stehenden Methoden. Die weiteren Qualifikationsziele, insbesondere die konkreten inhaltlichen Qualifikationsziele, ergeben sich aus der Modulbeschreibung des zugehörigen Moduls im Modulhandbuch des M.Sc. Mathematik.									
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)</b>		Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Titel									
	Advanced Topics in Mathematics	V Ü	o o	4 2	6 3	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
	Die Prüfungsform wird vom Dozenten bzw. der Dozentin festgelegt.									
<b>Verwendbarkeit</b>	Das Modul ist ggf. Voraussetzung für das Abschlussmodul.									
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	Siehe Teilnahmevoraussetzungen im Modulhandbuch des Studiengang M.Sc. Mathematik.									
<b>Modulverantwortliche</b>	Die Studiendekanin oder der Studiendekan des Fachbereichs Mathematik									

**Erläuterung der Abkürzungen:**

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : MA=Masterarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, Ü=Übungen, P=Projekt, S=Seminar,  
C=Kolloquium, SV=Seminar oder Vorlesung

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden



<b>Modulnummer:</b> E2	<b>Modultitel:</b> Advanced Topics in Theoretical Physics		<b>Art des Moduls:</b> Pflichtmodul mit Wahlmöglichkeit							
<b>ECTS-Punkte</b>	9									
<b>Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium</b>	Arbeitsaufwand: 270 h		Kontaktzeit: 90 h			Selbststudium: 180 h				
<b>Moduldauer</b>	1 Semester									
<b>Häufigkeit des Angebots</b>	jedes Semester									
<b>Fachsemester</b>	1–3									
<b>Unterrichtssprache</b>	Englisch oder Deutsch									
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung 4 SWS + Übungen 2 SWS, Hausaufgaben									
<b>Modulinhalt</b>	Es müssen eine oder mehrere fortgeschrittene Vorlesungen mit den jeweiligen Übungen im entsprechenden Umfang aus dem Studiengang M.Sc. Physik oder dem Studiengang M.Sc. Astro and Particle Physics jeweils im Bereich der Theoretischen Physik belegt werden. Empfohlene Themenbereiche sind beispielsweise Quantenfeldtheorie und Teilchenphysik, Theoretische Astrophysik, Relativistic Astrophysics, Viel-Teilchen Quantensysteme, Fortgeschrittene Statistische Physik, Yang-Mills-Theorie, Theorie der kondensierten Materie, Theoretische Quantenoptik, Theorie der Quanteninformation, Kosmologie, Numerische Methoden in Physik und Astrophysik, Moderne Themen der Theoretischen Physik. Weitere Informationen zum Angebot finden sich im Modulhandbuch der jeweiligen Studiengänge.									
<b>Qualifikationsziele</b>	Die Studierenden erarbeiten sich losgelöst vom rigorosen mathematischen Formalismus Kenntnisse in einem ausgewählten Teilgebiet der Theoretischen Physik. Sie verbreitern damit die Basis ihres physikalischen Wissens und erweitern die ihnen zur Verfügung stehenden physikalischen Methoden. Die weiteren Qualifikationsziele, insbesondere die konkreten inhaltlichen Qualifikationsziele, ergeben sich aus der Modulbeschreibung des zugehörigen Moduls im Modulhandbuch des M.Sc. Physik bzw. des M.Sc. Astro and Particle Physics.									
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)</b>										
	Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Advanced Topics in Theoretical Physics	V Ü	o o	4 2	6 3	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
	Die Prüfungsform wird vom Dozenten bzw. der Dozentin festgelegt.									
<b>Verwendbarkeit</b>	Das Modul ist ggf. Voraussetzung für das Abschlussmodul.									
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	Siehe Teilnahmevoraussetzungen im Modulhandbuch des Studiengangs M.Sc. Physik bzw. M.Sc. Astro and Particle Physics.									
<b>Modulverantwortliche</b>	Die Studiendekanin oder der Studiendekan des Fachbereichs Physik									

**Erläuterung der Abkürzungen:**

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : MA=Masterarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, Ü=Übungen, P=Projekt, S=Seminar,  
C=Kolloquium, SV=Seminar oder Vorlesung

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

<b>Modulnummer:</b> ES	<b>Modultitel:</b> Seminar		<b>Art des Moduls:</b> Pflichtmodul mit Wahlmöglichkeit							
<b>ECTS-Punkte</b>	3									
<b>Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium</b>	Arbeitsaufwand: 90 h			Kontaktzeit: 30 h			Selbststudium: 60 h			
<b>Moduldauer</b>	1 Semester									
<b>Häufigkeit des Angebots</b>	jedes Semester									
<b>Fachsemester</b>	2–3									
<b>Unterrichtssprache</b>	Englisch oder Deutsch									
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Seminar: Referat, Diskussion, Teamarbeit, Handout									
<b>Modulinhalt</b>	Verschiedene Themen aus verschiedenen Gebieten der Mathematischen Physik, Mathematik oder Theoretischen Physik.									
<b>Qualifikationsziele</b>	Die Studierenden haben gelernt, sich ein fortgeschrittenes mathematisches oder physikalisches Thema selbständig und im Team mit wissenschaftlichen Methoden zu erarbeiten und dieses in Form eines Vortrags zu präsentieren. Sie haben dabei vertiefte Kompetenzen in der Präsentation mathematischer oder physikalischer Ergebnisse erworben, und sie sind in der Lage, diese Ergebnisse in kritischen Diskussionen zu vertreten.									
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)</b>										
	Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Seminar	S	o	2	3	ja	R	45–90	b	100
	Der Erwerb der Leistungspunkte setzt neben einem erfolgreichen Vortrag auch die regelmäßige aktive Teilnahme an der Veranstaltung voraus, etwa in Form von Fragen, Diskussionsbeiträgen oder der Bearbeitung von Aufgaben. Zudem kann eine schriftliche Ausarbeitung des eigenen Vortrages oder das Erstellen eines Handouts für die Teilnehmerinnen und Teilnehmer zu den zu erbringenden Leistungen gehören. Diese zusätzlichen Leistungen stellen die Studienleistung des Moduls dar.									
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Mathematik, M.Sc. Astro and Particle Physics oder M.Sc. Physik.									
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	Erfolgreicher Abschluss eines der Module aus dem Studienbereich Grundlagen Mathematische Physik.									
<b>Modulverantwortliche</b>	Christian Hainzl, Stefan Teufel									
<b>Erläuterung der Abkürzungen:</b>										
Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet										
Prüfungsform : MA=Masterarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit										
Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, Ü=Übungen, P=Projekt, S=Seminar, C=Kolloquium, SV=Seminar oder Vorlesung										
Status : o=obligatorisch, f=fakultativ										
Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden										

## Studienbereich 3: Freier Wahlpflichtbereich

Der Freie Wahlpflichtbereich umfasst frei nach den individuellen Studien- und Forschungsinteressen zusammengestellte Module aus den Masterstudiengängen Mathematical Physics, Mathematik, Physik und Astro and Particle Physics. Zur Auswahl stehen u.a. Lehrveranstaltungen, die seitens der Studierenden nicht den Modulen E1 bzw. E2 zugeordnet wurden, das nicht im Studienbereich Grundlagen Mathematische Physik absolvierte Modul G2, G3 oder G4, die Module FWP1, FWP2 und/oder FWP3, sowie weitere geeignete fortgeschrittene Module aus den Studiengängen Mathematik, Mathematical Physics, Physik und Astro and Particle Physics. Nicht alle Module können jährlich angeboten werden, es stehen jedoch jedes Semester ausreichend Module zur Auswahl. Ebenfalls ist sichergestellt, dass der Freie Wahlpflichtbereich grundsätzlich auf Englisch studierbar ist, wobei abhängig vom Lehrangebot gegebenenfalls Einschränkungen bei der Modulwahl gegeben sein können. Die Auswahl wird im Rahmen des Mentorings verpflichtend abgesprochen. Eine Doppelbelegung von Modulen oder Lehrveranstaltungen ist ausgeschlossen.

Die Studierenden erwerben dabei studien- und forschungsrelevante Kompetenzen. Sie erlernen selbständig einzuschätzen, welche zusätzlichen Qualifikationen und Kompetenzen für ihr Studium hilfreich sind und entsprechende Veranstaltungen gezielt auszuwählen. Sie sind in der Lage, sich spezifische Grundlagen für ihr zukünftiges Forschungsprofil auch jenseits des Pflichtprogramms des Masters Mathematical Physics anzueignen. Die Studierenden kennen und verstehen die gelernten Begriffe und Methoden und können mit ihrer Hilfe bekannte und neue Fragestellungen aus dem thematisierten Spezialgebiet analysieren. Sie sind in der Lage, die Aussagen und Beweise nachzuvollziehen und zu erklären. Die Studierenden können den aktuellen Forschungsstand im thematisierten Spezialgebiet wiedergeben und kritisch hinterfragen. In den Übungen haben die Studierenden sich einen sicheren, präzisen und selbständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden aus der Vorlesung erarbeitet. Sie haben gelernt, die Methoden auf neue Probleme zu übertragen, diese zu analysieren und Lösungsstrategien alleine oder im Team zu entwickeln.

<b>Modulnummer:</b> FWP1	<b>Modultitel:</b> Advanced Topics in Mathematical Quantum Theory		<b>Art des Moduls:</b> Wahlpflichtmodul							
<b>ECTS-Punkte</b>	9									
<b>Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium</b>	Arbeitsaufwand: 270 h			Kontaktzeit: 90 h			Selbststudium: 180 h			
<b>Moduldauer</b>	1 Semester									
<b>Häufigkeit des Angebots</b>	unregelmäßig im Sommersemester									
<b>Fachsemester</b>	2									
<b>Unterrichtssprache</b>	Englisch									
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung 4 SWS + Übungen 2 SWS, Hausaufgaben									
<b>Modulinhalt</b>	Dieses Modul bietet eine Einführung in ein weiterführendes Thema der Mathematischen Vielteilchen-Quantentheorie, beispielsweise Hartree und Hartree-Fock Theorie, BCS Theorie, Adiabatentheorie, Renormierungsgruppe, mathematische Modelle in der Quantenfeldtheorie und Transport in wechselwirkenden Fermionensystemen. Es werden sowohl die für das jeweilige Gebiet grundlegenden mathematischen Resultate und physikalischen Vorstellungen vermittelt, als auch ein Einblick in den aktuellen Forschungsstand und bestehende offene Probleme gegeben.									
<b>Qualifikationsziele</b>	Die Studierenden kennen und verstehen die gelernten Begriffe und Methoden und können mit ihrer Hilfe bekannte und neue Fragestellungen aus dem thematisierten Spezialgebiet der Mathematischen Quantentheorie analysieren. Sie sind in der Lage, die wesentlichen Aussagen der Vorlesung zu benennen und zu beweisen sowie die dargestellten Zusammenhänge einzuordnen und zu erläutern. Die Studierenden können den aktuellen Forschungsstand im thematisierten Spezialgebiet wiedergeben und kritisch hinterfragen. In den Übungen haben sie sich einen sicheren, präzisen und selbständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden aus der Vorlesung erarbeitet. Sie haben dabei gelernt, die Methoden auf neue Probleme zu übertragen, diese zu analysieren und Lösungsstrategien alleine oder im Team zu entwickeln. Sie sind in der Lage, ihre Lösungen zu präsentieren und ggf. im kritischen Diskurs zu vertreten.									
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)</b>										
	Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Advanced Topics in Mathematical Quantum Theory	V Ü	o o	4 2	6 3	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
	Die Prüfungsform wird vom Dozenten bzw. der Dozentin festgelegt.									
<b>Verwendbarkeit</b>	Das Modul ist ggf. Voraussetzung für das Abschlussmodul.									
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	Modul Mathematical Quantum Theory.									
<b>Modulverantwortliche</b>	Christian Hainzl, Stefan Teufel									

**Erläuterung der Abkürzungen:**

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : MA=Masterarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, Ü=Übungen, P=Projekt, S=Seminar,  
C=Kolloquium, SV=Seminar oder Vorlesung

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

<b>Modulnummer:</b> FWP1	<b>Modultitel:</b> Advanced Topics in Mathematical Quantum Theory (kurze Version)				<b>Art des Moduls:</b> Wahlpflichtmodul					
<b>ECTS-Punkte</b>	6									
<b>Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium</b>	Arbeitsaufwand: 180 h			Kontaktzeit: 60 h			Selbststudium: 120 h			
<b>Moduldauer</b>	1 Semester									
<b>Häufigkeit des Angebots</b>	unregelmäßig im Sommersemester									
<b>Fachsemester</b>	2									
<b>Unterrichtssprache</b>	Englisch									
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung 2 SWS + Übungen 2 SWS, Hausaufgaben									
<b>Modulinhalt</b>	Dieses Modul bietet eine kurze Einführung in ein weiterführendes Thema der Mathematischen Vielteilchen-Quantentheorie, beispielsweise Hartree und Hartree-Fock Theorie, BCS Theorie, Adiabathentheorie, Renormierungsgruppe, mathematische Modelle in der Quantenfeldtheorie und Transport in wechselwirkenden Fermionensystemen. Es werden sowohl die für das jeweilige Gebiet grundlegenden mathematischen Resultate und physikalischen Vorstellungen vermittelt, als auch ein Einblick in den aktuellen Forschungsstand und bestehende offene Probleme gegeben.									
<b>Qualifikationsziele</b>	Die Studierenden kennen und verstehen die gelernten Begriffe und Methoden und können mit ihrer Hilfe bekannte und neue Fragestellungen aus dem thematisierten Spezialgebiet der Mathematischen Quantentheorie analysieren. Sie sind in der Lage, die wesentlichen Aussagen der Vorlesung zu benennen und zu beweisen sowie die dargestellten Zusammenhänge einzuordnen und zu erläutern. Die Studierenden können den aktuellen Forschungsstand im thematisierten Spezialgebiet wiedergeben und in ersten Ansätzen kritisch hinterfragen. In den Übungen haben sie sich einen sicheren, präzisen und selbständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden aus der Vorlesung erarbeitet. Sie haben dabei gelernt, die Methoden auf neue Probleme zu übertragen, diese zu analysieren und Lösungsstrategien alleine oder im Team zu entwickeln. Sie sind in der Lage, ihre Lösungen zu präsentieren und ggf. im kritischen Diskurs zu vertreten.									
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)</b>		Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Titel									
	Advanced Topics in Mathematical Quantum Theory	V Ü	o o	2 2	3 3	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
	Die Prüfungsform wird vom Dozenten bzw. der Dozentin festgelegt.									
<b>Verwendbarkeit</b>	Das Modul ist ggf. Voraussetzung für das Abschlussmodul.									
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	Modul Mathematical Quantum Theory.									
<b>Modulverantwortliche</b>	Christian Hainzl, Stefan Teufel									

**Erläuterung der Abkürzungen:**

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : MA=Masterarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, Ü=Übungen, P=Projekt, S=Seminar,  
C=Kolloquium, SV=Seminar oder Vorlesung

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden



<b>Modulnummer:</b> FWP2	<b>Modultitel:</b> Advanced Topics in Mathematical Relativity		<b>Art des Moduls:</b> Wahlpflichtmodul							
<b>ECTS-Punkte</b>	9									
<b>Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium</b>	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h							
<b>Moduldauer</b>	1 Semester									
<b>Häufigkeit des Angebots</b>	unregelmäßig im Wintersemester									
<b>Fachsemester</b>	3									
<b>Unterrichtssprache</b>	Englisch									
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung 4 SWS + Übungen 2 SWS, Hausaufgaben									
<b>Modulinhalt</b>	Dieses Modul bietet eine Einführung in ein weiterführendes Thema der Mathematischen Relativitätstheorie. Es werden sowohl die für das jeweilige Gebiet grundlegenden mathematischen Resultate und physikalischen Vorstellungen vermittelt, als auch ein Einblick in den aktuellen Forschungsstand und bestehende offene Probleme gegeben.									
<b>Qualifikationsziele</b>	Die Studierenden erwerben vertiefte Kenntnisse zu ausgewählten Fragestellungen der Mathematischen Relativitätstheorie. Sie erlernen analytische und geometrische Techniken zum Nachweis und zur Untersuchung von Lösungen der Einstein Gleichungen und können die physikalische Relevanz der mathematischen Ergebnisse einordnen. Sie sind in der Lage, die wesentlichen Aussagen der Vorlesung zu benennen und zu beweisen sowie die dargestellten Zusammenhänge einzuordnen und zu erläutern. Die Studierenden können den aktuellen Forschungsstand im thematisierten Spezialgebiet wiedergeben und kritisch hinterfragen. In den Übungen haben sie sich einen sicheren, präzisen und selbständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden aus der Vorlesung erarbeitet. Sie haben dabei gelernt, die Methoden auf neue Probleme zu übertragen, diese zu analysieren und Lösungsstrategien alleine oder im Team zu entwickeln. Sie sind in der Lage, ihre Lösungen zu präsentieren und ggf. im kritischen Diskurs zu vertreten.									
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)</b>		Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Titel									
	Advanced Topics in Mathematical Relativity	V Ü	o o	4 2	6 3	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
	Die Prüfungsform wird vom Dozenten bzw. der Dozentin festgelegt.									
<b>Verwendbarkeit</b>	Das Modul ist ggf. Voraussetzung für das Abschlussmodul.									
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	Modul Mathematical Relativity.									
<b>Modulverantwortliche</b>	Carla Cederbaum, Gerhard Huisken, Frank Loose									

**Erläuterung der Abkürzungen:**

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : MA=Masterarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, Ü=Übungen, P=Projekt, S=Seminar,  
C=Kolloquium, SV=Seminar oder Vorlesung

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

<b>Modulnummer:</b> FWP2	<b>Modultitel:</b> Advanced Topics in Mathematical Relativity (kurze Version)		<b>Art des Moduls:</b> Wahlpflichtmodul							
<b>ECTS-Punkte</b>	6									
<b>Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium</b>	Arbeitsaufwand: 180 h			Kontaktzeit: 60 h			Selbststudium: 120 h			
<b>Moduldauer</b>	1 Semester									
<b>Häufigkeit des Angebots</b>	unregelmäßig im Wintersemester									
<b>Fachsemester</b>	3									
<b>Unterrichtssprache</b>	Englisch									
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung 2 SWS + Übungen 2 SWS, Hausaufgaben									
<b>Modulinhalt</b>	Dieses Modul bietet eine kurze Einführung in ein weiterführendes Thema der Mathematischen Relativitätstheorie. Es werden sowohl die für das jeweilige Gebiet grundlegenden mathematischen Resultate und physikalischen Vorstellungen vermittelt, als auch ein Einblick in den aktuellen Forschungsstand und bestehende offene Probleme gegeben.									
<b>Qualifikationsziele</b>	<p>Die Studierenden erwerben erste vertiefte Kenntnisse zu ausgewählten Fragestellungen der Mathematischen Relativitätstheorie. Sie erlernen analytische und geometrische Techniken zum Nachweis und zur Untersuchung von Lösungen der Einstein Gleichungen und können die physikalische Relevanz der mathematischen Ergebnisse einordnen. Sie sind in der Lage, die wesentlichen Aussagen der Vorlesung zu benennen und zu beweisen sowie die dargestellten Zusammenhänge einzuordnen und zu erläutern. Die Studierenden können den aktuellen Forschungsstand im thematisierten Spezialgebiet wiedergeben und in ersten Ansätzen kritisch hinterfragen.</p> <p>In den Übungen haben sie sich einen sicheren, präzisen und selbständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden aus der Vorlesung erarbeitet. Sie haben dabei gelernt, die Methoden auf neue Probleme zu übertragen, diese zu analysieren und Lösungsstrategien alleine oder im Team zu entwickeln. Sie sind in der Lage, ihre Lösungen zu präsentieren und ggf. im kritischen Diskurs zu vertreten.</p>									
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)</b>		Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Titel									
	Advanced Topics in Mathematical Relativity	V Ü	o o	2 2	3 3	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
	Die Prüfungsform wird vom Dozenten bzw. der Dozentin festgelegt.									
<b>Verwendbarkeit</b>	Das Modul ist ggf. Voraussetzung für das Abschlussmodul.									
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	Modul Mathematical Relativity.									
<b>Modulverantwortliche</b>	Carla Cederbaum, Gerhard Huisken, Frank Loose									

**Erläuterung der Abkürzungen:**

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : MA=Masterarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, Ü=Übungen, P=Projekt, S=Seminar,  
C=Kolloquium, SV=Seminar oder Vorlesung

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

<b>Modulnummer:</b> FWP3	<b>Modultitel:</b> Advanced Topics in Mathematical Statistical Physics		<b>Art des Moduls:</b> Wahlpflichtmodul							
<b>ECTS-Punkte</b>	9									
<b>Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium</b>	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h							
<b>Moduldauer</b>	1 Semester									
<b>Häufigkeit des Angebots</b>	unregelmäßig im Wintersemester									
<b>Fachsemester</b>	3									
<b>Unterrichtssprache</b>	Englisch									
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung 4 SWS + Übungen 2 SWS, Hausaufgaben									
<b>Modulinhalt</b>	Dieses Modul bietet eine Einführung in ein weiterführendes Thema der Mathematischen Statistischen Physik. Es werden sowohl die für das jeweilige Gebiet grundlegenden mathematischen Resultate und physikalischen Vorstellungen vermittelt, als auch ein Einblick in den aktuellen Forschungsstand und bestehende offene Probleme gegeben.									
<b>Qualifikationsziele</b>	Die Studierenden kennen und verstehen die gelernten Begriffe und Methoden und können mit ihrer Hilfe bekannte und neue Fragestellungen aus dem thematisierten Spezialgebiet der Mathematischen Statistischen Physik analysieren. Sie sind in der Lage, die wesentlichen Aussagen der Vorlesung zu benennen und zu beweisen sowie die dargestellten Zusammenhänge einzuordnen und zu erläutern. Die Studierenden können den aktuellen Forschungsstand im thematisierten Spezialgebiet wiedergeben und kritisch hinterfragen. In den Übungen haben sie sich einen sicheren, präzisen und selbständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden aus der Vorlesung erarbeitet. Sie haben dabei gelernt, die Methoden auf neue Probleme zu übertragen, diese zu analysieren und Lösungsstrategien alleine oder im Team zu entwickeln. Sie sind in der Lage, ihre Lösungen zu präsentieren und ggf. im kritischen Diskurs zu vertreten.									
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)</b>		Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Titel									
	Advanced Topics in Mathematical Statistical Physics	V Ü	o o	4 2	6 3	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
	Die Prüfungsform wird vom Dozenten bzw. der Dozentin festgelegt.									
<b>Verwendbarkeit</b>	Das Modul ist ggf. Voraussetzung für das Abschlussmodul.									
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	Modul Mathematical Statistical Physics.									
<b>Modulverantwortliche</b>	Marcello Porta, Roderich Tumulka									

**Erläuterung der Abkürzungen:**

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : MA=Masterarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, Ü=Übungen, P=Projekt, S=Seminar,  
C=Kolloquium, SV=Seminar oder Vorlesung

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

<b>Modulnummer:</b> FWP3	<b>Modultitel:</b> Advanced Topics in Mathematical Statistical Physics (kurze Version)		<b>Art des Moduls:</b> Wahlpflichtmodul							
<b>ECTS-Punkte</b>	6									
<b>Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium</b>	Arbeitsaufwand: 180 h	Kontaktzeit: 60 h	Selbststudium: 120 h							
<b>Moduldauer</b>	1 Semester									
<b>Häufigkeit des Angebots</b>	unregelmäßig im Wintersemester									
<b>Fachsemester</b>	3									
<b>Unterrichtssprache</b>	Englisch									
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung 2 SWS + Übungen 2 SWS, Hausaufgaben									
<b>Modulinhalt</b>	Dieses Modul bietet eine kurze Einführung in ein weiterführendes Thema der Mathematischen Statistischen Physik. Es werden sowohl die für das jeweilige Gebiet grundlegenden mathematischen Resultate und physikalischen Vorstellungen vermittelt, als auch ein Einblick in den aktuellen Forschungsstand und bestehende offene Probleme gegeben.									
<b>Qualifikationsziele</b>	Die Studierenden kennen und verstehen die gelernten Begriffe und Methoden und können mit ihrer Hilfe bekannte und neue Fragestellungen aus dem thematisierten Spezialgebiet der Mathematischen Statistischen Physik analysieren. Sie sind in der Lage, die wesentlichen Aussagen der Vorlesung zu benennen und zu beweisen sowie die dargestellten Zusammenhänge einzuordnen und zu erläutern. Die Studierenden können den aktuellen Forschungsstand im thematisierten Spezialgebiet wiedergeben und in ersten Ansätzen kritisch hinterfragen. In den Übungen haben sie sich einen sicheren, präzisen und selbständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden aus der Vorlesung erarbeitet. Sie haben dabei gelernt, die Methoden auf neue Probleme zu übertragen, diese zu analysieren und Lösungsstrategien alleine oder im Team zu entwickeln. Sie sind in der Lage, ihre Lösungen zu präsentieren und ggf. im kritischen Diskurs zu vertreten.									
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)</b>		Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Titel									
	Advanced Topics in Mathematical Statistical Physics	V Ü	o o	2 2	3 3	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
	Die Prüfungsform wird vom Dozenten bzw. der Dozentin festgelegt.									
<b>Verwendbarkeit</b>	Das Modul ist ggf. Voraussetzung für das Abschlussmodul.									
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	Modul Mathematical Statistical Physics.									
<b>Modulverantwortliche</b>	Marcello Porta, Roderich Tumulka									

**Erläuterung der Abkürzungen:**

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : MA=Masterarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, Ü=Übungen, P=Projekt, S=Seminar,  
C=Kolloquium, SV=Seminar oder Vorlesung

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden



## Studienbereich 4: Wissenschaftliches Arbeiten

<b>Modulnummer:</b> SP	<b>Modultitel:</b> Scientific Project		<b>Art des Moduls:</b> Pflichtmodul							
<b>ECTS-Punkte</b>	9									
<b>Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium</b>	Arbeitsaufwand: 270 h			Kontaktzeit: 15 h			Selbststudium: 255 h			
<b>Moduldauer</b>	1 Semester									
<b>Häufigkeit des Angebots</b>	jedes Semester									
<b>Fachsemester</b>	3									
<b>Unterrichtssprache</b>	Englisch									
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Individuelle Betreuung durch Betreuer/in, Studium wissenschaftlicher Arbeiten.									
<b>Modulinhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulierung einer fortgeschrittenen wissenschaftlichen Aufgabenstellung in Abstimmung mit dem Betreuer.</li> <li>• Eigenständige Suche und Studium relevanter wissenschaftlicher Literatur.</li> <li>• Formulierung spezifischer Fragestellungen und methodischer Ansätze zu deren Lösung.</li> <li>• Schriftliche Darstellung des Projekts im Kontext des aktuellen Forschungsstandes auf 5-10 Seiten.</li> </ul> <p>Dieses Modul dient in der Regel zur Vorbereitung der Masterarbeit.</p>									
<b>Qualifikationsziele</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• entwickeln die Fähigkeit, sich systematisch in ein neues Teilgebiet einzuarbeiten,</li> <li>• lernen kritisches Arbeiten und Herausbilden eines fundierten, fachlichen und fachübergreifenden Urteilsvermögens,</li> <li>• erwerben Qualifikationen in den Bereichen Literaturrecherche, Identifikation von relevanten Fragestellungen und von geeigneten Methoden, sowie schriftliche Darstellung eines Vorhabens.</li> </ul>									
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)</b>		Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Titel	Wissenschaftliches Projekt	P	o	1	9	ja	-	-	nb
<b>Verwendbarkeit</b>	Der erfolgreiche Abschluss dieses Moduls ist Voraussetzung für die Teilnahme am Abschlussmodul.									
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	Erfolgreicher Abschluss des Moduls Geometry in Physics sowie eines der Module Mathematical Quantum Theory oder Mathematical Relativity.									

<b>Modul- verantwortliche</b>	Stefan Teufel, Werner Vogelsang.
<b>Erläuterung der Abkürzungen:</b> Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet Prüfungsform : MA=Masterarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, Ü=Übungen, P=Projekt, S=Seminar, C=Kolloquium, SV=Seminar oder Vorlesung Status : o=obligatorisch, f=fakultativ Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden	

<b>Modulnummer: MC</b>	<b>Modultitel:</b> Mathematical Physics Colloquium		<b>Art des Moduls:</b> Pflichtmodul								
<b>ECTS-Punkte</b>	3										
<b>Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium</b>	Arbeitsaufwand: 90 h		Kontaktzeit: 60 h		Selbststudium: 30 h						
<b>Moduldauer</b>	2 Semester										
<b>Häufigkeit des Angebots</b>	jedes Semester										
<b>Fachsemester</b>	3–4										
<b>Unterrichtssprache</b>	Englisch										
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorträge, Diskussionen. Spezifische Lernform: Studierende stellen im letzten Semester Ihre Masterarbeit vor.										
<b>Modulinhalt</b>	An 15 Terminen (je 2h) während jedes Semesters finden Vorträge und Diskussionen zu aktuellen Themen der Mathematischen Physik statt. Vortragende sind Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den beteiligten Fachbereichen sowie Gäste und Masterstudierende, die die Ergebnisse ihrer Masterarbeit vorstellen.										
<b>Qualifikationsziele</b>	Die Studierenden erhalten einen Einblick in aktuelle Entwicklungen in der Mathematischen Physik, auch über den Bereich ihrer Spezialisierung hinaus. Sie entwickeln die Fähigkeit, wissenschaftlichen Vorträgen zu folgen und diese in größerer Runde zu diskutieren und zu hinterfragen. Dadurch erwerben sie auch interdisziplinäre und interkulturelle Kompetenzen durch die regelmäßige Zusammenarbeit und Diskussion in gemischten Gruppen.										
<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)</b>	Titel		Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Kolloquium Wintersemester		C	o	2	1	nein	-	-	nb	-
	Kolloquium Sommersemester		C	o	2	2	nein	-	-	nb	-
<b>Verwendbarkeit</b>	-										
<b>Teilnahme- voraussetzungen</b>	-										
<b>Modul- verantwortliche</b>	Carla Cederbaum, Stefan Teufel										
<b>Erläuterung der Abkürzungen:</b>											
Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet											
Prüfungsform : MA=Masterarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit											
Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, Ü=Übungen, P=Projekt, S=Seminar, C=Kolloquium, SV=Seminar oder Vorlesung											
Status : o=obligatorisch, f=fakultativ											
Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden											

<b>Modulnummer: MT</b>	<b>Modultitel:</b> Master Thesis		<b>Art des Moduls:</b> Pflichtmodul
<b>ECTS-Punkte</b>	30		
<b>Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium</b>	Arbeitsaufwand: 900 h	Kontaktzeit: 0 h	Selbststudium: 900 h
<b>Moduldauer</b>	1 Semester		
<b>Häufigkeit des Angebots</b>	jedes Semester		
<b>Fachsemester</b>	4		
<b>Unterrichtssprache</b>	Englisch oder Deutsch		
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Masterarbeit		
<b>Modulinhalt</b>	<p>Die Studierenden sind in eine Arbeitsgruppe eingebunden und nehmen an den Arbeitsgruppenseminaren teil. Sie haben unter Anleitung durch eine Betreuerin oder einen Betreuer eine begrenzte Aufgabenstellung aus der Mathematischen Physik mit wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten und schriftlich in englischer oder in deutscher Sprache darzustellen. Im Einzelnen umfasst dies:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Formulierung einer wissenschaftlichen Fragestellung in Abstimmung mit der Betreuerin oder dem Betreuer;</li> <li>• die eigenständige Suche nach und das Studium von relevanter wissenschaftlicher Literatur;</li> <li>• die Formulierung geeigneter Fragestellungen und methodischer Ansätze zu deren Lösung;</li> <li>• die eigenständige Durchführung des Projekts, die schriftliche Darstellung des Projekts und der Ergebnisse im Kontext des aktuellen Forschungsstandes;</li> <li>• die Vorstellung der Ergebnisse in englischer Sprache im Mathematical Physics Colloquium.</li> </ul>		
<b>Qualifikationsziele</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sind in der Lage, sich innerhalb einer vorgegebenen Frist in eine neue Problemstellung einzuarbeiten und diese mit wissenschaftlichen Methoden zunehmend selbständig zu bearbeiten;</li> <li>• können sich in den Stand der wissenschaftlichen Literatur zu einem neuen Thema einarbeiten;</li> <li>• können wissenschaftliche Ergebnisse kritisch interpretieren und in den jeweiligen Kenntnisstand einordnen;</li> <li>• sind in der Lage, ihre Ergebnisse nach den Grundsätzen guter wissenschaftlicher Praxis schriftlich darzustellen;</li> <li>• sind in der Lage, ihre Arbeit in einem internationalen wissenschaftlichen Umfeld zu präsentieren.</li> </ul>		

<b>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)</b>	Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Masterarbeit	MA	o	-	30	nein	MA	-	b	100
<b>Verwendbarkeit</b>	-									
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 27 LP aus dem Wahlpflichtbereich Grundlagen Mathematische Physik,</li> <li>• insgesamt 18 LP aus den Bereichen Erweiterungswissen und Freier Wahlpflichtbereich,</li> <li>• erfolgreicher Abschluss von Modul SP.</li> </ul>									
<b>Modulverantwortliche</b>	Stefan Teufel, Werner Vogelsang.									
<b>Erläuterung der Abkürzungen:</b>										
Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet										
Prüfungsform : MA=Masterarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit										
Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, Ü=Übungen, P=Projekt, S=Seminar, C=Kolloquium, SV=Seminar oder Vorlesung										
Status : o=obligatorisch, f=fakultativ										
Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden										