

Modulhandbuch

für die Studiengänge

Mathematik (M.Sc.)
Wirtschaftsmathematik (M.Sc.)
Technomathematik (M.Sc.)¹

Wintersemester 2021/22

¹ Zum Masterstudiengang Technomathematik konnte man sich letztmalig im Sommersemester 2017 einschreiben. Seit dem Wintersemester 2017/18 bietet das Department Mathematik den internationalen Masterstudiengang *Computational and Applied Mathematics (CAM)* an.

Hinweise:

- Weitere Informationen zu den einzelnen Studiengängen (Studien- und Prüfungsordnungen, Studienberatung, etc.) finden Sie auf www.math.fau.de/studium
- Semesteraktuelle Informationen zu den angebotenen Lehrveranstaltungen finden Sie im UnivIS-Vorlesungsverzeichnis.
- Module eines Studiengangs sind in der jeweiligen Prüfungsordnung festgelegt. Diese Sammlung umfasst die Module, die vom Department Mathematik in den jeweiligen Studiengängen verwendet werden.
- Zum Masterstudiengang Technomathematik konnte man sich letztmalig im Sommersemester 2017 einschreiben. Seit dem Wintersemester 2017/18 bietet das Department Mathematik den internationalen Masterstudiengang *Computational and Applied Mathematics (CAM)* an. Modulbeschreibungen zu CAM findet man im *Module handbook of the Master's degree programme Computational and Applied Mathematics* auf der Seite www.studium.math.fau.de.

Modulbeschreibungen zu den folgenden, englischsprachigen Modulen finden Sie im Modulhandbuch des Masterstudiengangs Computational and Applied Mathematics (CAM).

- Advanced discretization techniques
- Algorithmic Game Theory
- Conic Optimization and Applications
- Convex Geometry and Applications
- Discrete Optimization I
- Efficient Discretizations of two-phase flow
- Inverse Problems and their Regularizations
- Master's seminar MApA
- Master's seminar NASi
- Master's seminar Opti
- Master's Thesis
- Mathematical Learning
- Mathematical Modeling in the Life Sciences
- Modeling and Analysis in Continuum Mechanics I
- Numerics of Partial Differential Equations
- Transport Phenomena

Modulbeschreibungen zu den folgenden Modulen finden Sie im Modulhandbuch des Masterstudiengangs Data Science.

Englische Module:

- Advanced Algorithms for Nonlinear Optimization
- Advanced Discretization Techniques
- Artificial Intelligence I
- Convex Geometry and Applications
- Discrete Optimization I
- Inverse Problems and their Regularization
- Machine Learning in Signal Processing
- Mathematical Foundations of Artificial Intelligence, Neural Networks and Data Analytics I
- Mathematics of Learning
- Modeling, Optimization and Simulation of Energy Systems
- Pattern Recognition
- Simulation and Modeling 1
- Simulation and Scientific Computing 1

Deutsche Module:

- Kolloquiumsvorlesung Digitale Souveränität
- eBusiness Technologies und Evolutionäre Informationssysteme
- Partielle Differentialgleichungen I

Inhaltsverzeichnis

Module CGA: Convex Geometry and Applications	5
Modul FRA1: Fortgeschrittene Risikoanalyse 1	6
Modul HSQR: Hauptseminar Quantitatives Risikomanagement	8
Module ItOA: Introduction to Operator Algebras	10
Modul Kryl: Kryptographie I	12
Modul LieA: Lie-Algebren	14
Modul MaA: Masterarbeit Mathematik	15
Modul MaA: Masterarbeit Wirtschaftsmathematik	16
Modul MaSe: Masterseminar	17
Modul MathKINN I: Mathematische Grundlagen zu Künstliche Intelligenz, Neuronale Netze und Data Analytics I	19
Modul MS: Mathematische Statistik	21
Modul PDG I: Partielle Differentialgleichungen I	22
Modul PDG III: Partielle Differentialgleichungen III	24
Modul QM: Quantenmechanik	26
Modul Spek: Spektraltheorie	28
Modul StA: Stochastische Analysis	30

1	Modul name	Module CGA: Convex Geometry and Applications	ECTS 5
2	Courses/lectures	a) Lecture: 2 semester hrs/week b) Practical: 1 semester hr/week	
3	Lecturers	Prof. Dr. Timm Oertel tim.oertel@fau.de	
4	Module coordinator	Prof. Dr. Timm Oertel tim.oertel@fau.de	
5	Content	<p>The module comprises of two parts.</p> <p>The first part is a general introduction to convex geometry, where basic concepts and tools will be introduced, such as separation and the classical results of Carathéodory, Helly and Radon.</p> <p>The second part will be more specialized, focusing on ellipsoids, including ellipsoidal approximation and volume concentration. Applications in optimization and data science will be highlighted throughout.</p>	
6	Learning objectives and skills	<p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • will learn the foundations of classical convex geometry • apply concepts and tools from convex geometry to modern applications in optimization and data science 	
7	Prerequisites	<p>Linear Algebra and Analysis is required</p> <p>Basic knowledge in Probability Theory is recommended</p>	
8	Integration into curriculum	From 1st semester	
9	Module compatibility	<p>Mandatory elective module for:</p> <ul style="list-style-type: none"> • M. Sc. in Data Sciences “Datenorientierte Optimierung” and “Mathematische Theorie/Grundlagen des Data Science” • M. Sc. in Mathematics within “Modelling, Simulation and Optimization” • M. Sc. in Mathematics and Economics within “Optimization and process management” <p>Free elective module in M. Sc. Computational and Applied Mathematics</p>	
10	Method of examination	Oral exam (15 minutes)	
11	Grading Procedure	100% oral exam	
12	Module frequency	Winter semester (not annually)	
13	Workload	<p>Contact hours: 45 h</p> <p>Independent study: 105 h</p> <p>Total: 150 hrs, corresponding to 5 ECTS credits</p>	
14	Module duration	One semester	
15	Teaching and examination language	English (the examination can be done in German on request)	
16	Recommended reading	TBA	

1	Modulbezeichnung	Modul FRA1: Fortgeschrittene Risikoanalyse 1 (englische Bezeichnung: Advanced Risk Analysis 1)	ECTS 10
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung Fortgeschrittene Risikoanalyse 1 (4 SWS) Übungen zur Fortgeschrittenen Risikonanalyse 1 (1SWS)	
3	Lehrende	Prof. Dr. Wolfgang Stummer stummer@math.fau.de	
4	Modulverantwortung	Prof. Dr. Wolfgang Stummer stummer@math.fau.de	
5	Inhalt	Die aktualisierten definitiven Inhalte werden zeitnah veröffentlicht. Exemplarisch seien hier angeführt: <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsbezogene Motivationen aus der Risikoanalyse; • zeitdiskrete Risikoprozesse; • zeitkontinuierliche Risikoprozesse. Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch Selbststudium begleitender Literatur und der Bearbeitung von speziell abgestimmten zugehörigen Seminarthemen, unterstützt durch Zusammenkünfte innerhalb des Seminars.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden erlernen und verwenden aktuelle, vielseitig nutzbare, fortgeschrittene Methoden zur Lösung von zeitgemäßen Problemstellungen aus der Quantifizierung von unsicherheitsbehafteten Fakten, Vorgängen und darauf aufbauenden Entscheidungen.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	empfohlen: Fundierte Grundkenntnisse der Stochastik und der Integrationstheorie.	
8	Einpassung in Musterstudienplan	1., 2. oder 3.Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in <ul style="list-style-type: none"> • M.Sc. Mathematik (Studienrichtung „Analysis und Stochastik“) • M.Sc. Wirtschaftsmathematik (Studienrichtung „Stochastik und Risikomanagement“) • M. Sc. Data Science (MSD) 	
10	Studien- und Prüfungsleistung	mündliche Prüfung (20 Minuten) oder Klausur (180 Minuten) (wird zu Semesterbeginn bekanntgegeben)	
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung (100%) oder Klausur (100%)	
12	Turnus des Angebots	jährlich im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand	Workload 300 h davon <ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung: 4 SWS x 15 = 60 h • Übung: 1 SWS x 15 = 15 h • Selbststudium: 225 h 	
14	Dauer des Moduls	ein Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	deutsch	

16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none">• Manuskript des Dozenten• Weitere Literatur wird in der Vorlesung bekanntgegeben.
----	--------------------------	---

1	Modulbezeichnung	Modul HSQR: Hauptseminar Quantitatives Risikomanagement	ECTS 5
2	Lehrveranstaltungen	Seminar Quantitatives Risikomanagement (Anwesenheitspflicht) (2 SWS)	
3	Lehrende	Prof. Dr. Wolfgang Stummer stummer@math.fau.de	
4	Modulverantwortung	Prof. Dr. W. Stummer stummer@math.fau.de	
5	Inhalt	Die aktuellen, definitiven Inhalte werden vom Dozenten zeitnah veröffentlicht. Des Weiteren dient das Hauptseminar als methodische und arbeitstechnische Vorbereitung für die anschließend abzulegende Masterarbeit.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • erarbeiten ein sehr fortgeschrittenes Teilgebiet des stochastisch-quantitativen Risikomanagements; • verwenden relevante Präsentations- und Kommunikationstechniken für mathematische Sachverhalte in mündlicher und schriftlicher Form und perfektionieren diese; • formulieren hochentwickelte unsicherheitsbehaftete wirtschaftswissenschaftlich relevante Phänomene mathematisch präzise. • tauschen sich untereinander und mit den Dozenten über Informationen, Ideen, Probleme und Lösungen auf wissenschaftlichem Niveau aus. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	empfohlen: <ul style="list-style-type: none"> • Kenntnisse der Module „Fortgeschrittene Risikoanalyse 1“, „Fortgeschrittene Risikoanalyse 2“. 	
8	Einpassung in Musterstudienplan	2. oder 3. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	<ul style="list-style-type: none"> • Master Wirtschaftsmathematik Studienrichtung „Stochastik und Risikomanagement“, sowie Kern-/Forschungsmodul Master Mathematik Studienrichtung „Analysis und Stochastik“ • Wahlpflichtmodul im Master Mathematik sowie im Master Wirtschaftsmathematik Studienrichtung „Optimierung und Prozessmanagement“. 	
10	Studien- und Prüfungsleistung	Vortrag (90 Minuten)	
11	Berechnung Modulnote	bestanden/nicht bestanden	
12	Turnus des Angebots	jährlich im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand	Workload 150 h davon <ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung: 2 SWS x 15 = 30 h • Selbststudium: 120 h 	

14	Dauer des Moduls	ein Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	deutsch
16	Literaturhinweise	Die zugrundeliegenden Vortragsunterlagen werden vom jeweiligen Dozenten im Voraus (bei der Vorbesprechung) ausgehändigt.

1	Module name	Module ItOA: Introduction to Operator Algebras	ECTS 10
2	Courses/lectures	Lecture (4 semester hrs/week) Exercises (2 semester hrs/week)	
3	Lecturers	Prof. Dr. Kang Li kang.li@fau.de	
4	Module coordinator	Prof. Dr. Kang Li kang.li@fau.de	
5	Content	<ul style="list-style-type: none"> Banach algebras: Basic properties. Gelfand's theory of commutative Banach algebras and C*-algebras: a) Special elements such as unitary, self-adjoint, normal, positive elements and their spectrum); b) The continuous functional calculus for normal elements in a C*-algebra; c) Gelfand-Naimark theorem. C*-algebras (States and representations, and GNS construction) von Neumann algebras (Bicommutant theorem, Kaplansky density theorem, Borel functional calculus) 	
6	Learning objectives and skills	<p>After following this course the student</p> <ul style="list-style-type: none"> knows the notion of spectrum in several contexts; in simple cases, he/she can compute the spectrum, has acquired insight in the elementary theory of operator algebras, in particular C*-algebras and von Neumann algebras, can deal with functions of operators, can illustrate the various concepts and results treated in this course with relevant examples, has gained intuition about linear mappings between infinite-dimensional Hilbert spaces and is able to verify intuitive conjectures by giving either rigorous proofs or counterexamples, is able to explore some problems, examples, applications or extensions related to the course, independently using the literature. 	
7	Prerequisites	Recommended: basic knowledge of operators on Hilbert spaces as provided within the lecture on Functional Analysis.	
8	Integration into curriculum	1st, 2nd or 3rd semester	
9	Module compatibility	<ul style="list-style-type: none"> M. Sc. Mathematics („Algebra und Geometry“/„Analysis und Stochastics“) M. Sc. Mathematics and Economics (mandatory elective module) 	
10	Method of examination	Oral exam (20 min.)	
11	Grading procedure	Oral exam (100 %)	
12	Module frequency	Not on a regular basis	
13	Workload	<p>Workload: 300h divided into</p> <ul style="list-style-type: none"> lecture: 4 semester hrs/week x 15 = 60 h exercises: 2 semester hrs/week x 15 = 30h independent study: 210h 	
14	Module duration	one semester	

15	Teaching and examination language	English
16	Recommended reading	<p>We will mainly use the book</p> <ul style="list-style-type: none"> • C*-Algebras and Operator Theory, Academic Press, 1990, Gerard J. Murphy <p>Several good books to read:</p> <ul style="list-style-type: none"> • K. Zhu: An introduction to Operator Algebras. (a concise introduction) • R.V. Kadison and J.R. Ringrose: Fundamentals of the theory of operator algebras. Volumes 1 & 2. (This contains far more material than we will be able to cover.) • B. Blackadar: Operator algebras. Theory of C*-algebras and von Neumann algebras. (Contains lots of material, but does not include detailed proofs for everything.) • K. Davidson: C*-algebras by example. (Useful example-based approach. But be careful: some parts are known to have mistakes.)

1	Modulbezeichnung	Modul Kryl: Kryptographie I (englische Bezeichnung: Cryptography I)	ECTS 10
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung Kryptographie I (4 SWS) Übungen zur Kryptographie I (2 SWS)	
3	Lehrende	Prof. Dr. Wolfgang Ruppert ruppert@math.fau.de	
4	Modulverantwortung	Prof. Dr. Wolfgang Ruppert ruppert@math.fau.de	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung in die Kryptographie • Klassische Chiffrierverfahren • Grundeigenschaften der Ringe \mathbf{Z} und $\mathbf{Z}/n\mathbf{Z}$ • Primzahltests • Public-Key-Kryptosysteme – RSA • Die Pollard-rho-Methode zur Faktorisierung • Kryptographische Anwendungen diskreter Logarithmen • Kryptographische Hashfunktionen • Digitale Signaturen • Methoden zur Berechnung diskreter Logarithmen • Enigma <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • erklären wichtige kryptographische Verfahren und wenden diese praktisch an • nützen Software wie Maple, Python3 oder Sage zur Ver- und Entschlüsselung sowie zur Kryptoanalyse • erläutern wichtige zahlentheoretische Algorithmen, ihre theoretischen Hintergründe und ihre Funktion bei der Konstruktion von Public-Key-Kryptosystemen 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	empfohlen: <ul style="list-style-type: none"> • Grundkenntnisse aus den Modulen Analysis I und Lineare Algebra I 	
8	Einpassung in Musterstudienplan	ab 2. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in <ul style="list-style-type: none"> • B. Sc. Data Science (TSQ) • B. Sc. Mathematik (Angewandte Mathematik, Theoretische Mathematik) • B.Sc. Wirtschaftsmathematik (Mathematisches Wahlmodul) • M. Sc. Data Science (TSQ) • M.Sc. Mathematik (Studienrichtung „Algebra und Geometrie“) 	
10	Studien- und Prüfungsleistung	<ul style="list-style-type: none"> • Übungsleistungen (unbenotet) • Klausur (90 Min.) 	

11	Berechnung Modulnote	Klausur (100 %)
12	Turnus des Angebots	unregelmäßig (siehe Modulverzeichnis im UnivIS)
13	Arbeitsaufwand	Workload 300 h davon <ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 4 SWS x 15 = 60 h • Übung: 2 SWS x 15 = 30 h • Selbststudium: 210 h
14	Dauer des Moduls	ein Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesungsskript zum Modul • J. Buchmann: Einführung in die Kryptographie • J. Hoffstein, J. Pipher, J. H. Silvermann: An Introduction to Mathematical Cryptography

1	Modulbezeichnung	Modul LieA: Lie-Algebren (englische Bezeichnung: Lie algebras)	ECTS 10
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung Lie-Algebren (4 SWS) Übungen zu Lie-Algebren (2 SWS)	
3	Lehrende	Prof. Dr. Peter Fiebig fiebig@mi.uni-erlangen.de	
4	Modulverantwortung	Prof. Dr. Peter Fiebig fiebig@mi.uni-erlangen.de	
5	Inhalt	Grundlagen zu folgenden Themen: <ul style="list-style-type: none"> • Definition einer Lie-Algebra, • Definition von Darstellungen • Nilpotente und auflösbare Lie-Algebren • Halbeinfache Lie-Algebren • Wurzelsysteme und die Klassifikation halbeinfacher Lie-Algebren • Charakterformeln Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • erklären und verwenden die grundlegenden Begriffe in der Struktur- und Darstellungstheorie von Lie-Algebren. • Insbesondere erläutern sie beispielhaft Klassifikationsprinzipien in der Mathematik. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	empfohlen: Grundkenntnisse in Algebra	
8	Einpassung in Musterstudienplan	1.Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule in <ul style="list-style-type: none"> • B. Sc Mathematik (Theoretische Mathematik) • M.Sc. Mathematik (Studienrichtung „Algebra und Geometrie“) • M.Sc. Wirtschaftsmathematik (Mathematische Wahlpflichtmodule) • M. Sc. Data Science (MSD) 	
10	Studien- und Prüfungsleistung	mündliche Prüfung (20 Minuten)	
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung (100%)	
12	Turnus des Angebots	zweijährlich	
13	Arbeitsaufwand	Workload 300 h davon <ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung: 4 SWS x 15 = 60 h • Übung: 2 SWS x 15 = 30 h • Selbststudium: 210 h 	
14	Dauer des Moduls	ein Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	deutsch	
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesungsskript zu diesem Modul • J. Humphreys: Introduction to Lie algebras and representation theory, Springer 	

1	Modulbezeichnung	Modul MaA: Masterarbeit Mathematik (englische Bezeichnung: Master Thesis Mathematics)	ECTS 30
2	Lehrveranstaltungen	Masterarbeit Masterkolloquium (Anwesenheitspflicht)	
3	Lehrende	Hochschullehrer/in der Mathematik	
4	Modulverantwortung	Studiendekan/in studiendekan@math.fau.de	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Eigenständige Lösung einer wissenschaftlichen Aufgabe im Bereich der Mathematik unter Anleitung und schriftliche Ausarbeitung. • Betreuung durch Hochschullehrer/in der Mathematik • Präsentation des im Rahmen der Masterarbeit erarbeiteten Themas im Masterkolloquium 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • bearbeiten in der Masterarbeit eine Problemstellung aus dem Bereich der Mathematik mit wissenschaftlichen Methoden selbständig und stellen diese strukturiert in schriftlicher Form dar; • wirken bei der Bearbeitung aktueller Forschungsthemen problemorientiert mit und definieren anhand dieses Wissens neue Forschungsziele. • verwenden im Masterkolloquium relevante Präsentations- und Kommunikationstechniken und präsentieren die erarbeiteten Inhalte und Resultate der Masterarbeit; • tauschen sich untereinander und mit den Dozenten über Informationen, Ideen, Probleme und Lösungen auf wissenschaftlichem Niveau aus. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	empfohlen: Die übrigen Mastermodule sollten abgeschlossen sein	
8	Einpassung in Musterstudienplan	3./4. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul in M.Sc. Mathematik	
10	Studien- und Prüfungsleistung	<ul style="list-style-type: none"> • schriftliche Arbeit (ca. 60 Seiten) • Vortrag mit mündlicher Prüfung (ca. 60 + 15 Min) 	
11	Berechnung Modulnote	<ul style="list-style-type: none"> • Masterarbeit (85 %) • Masterkolloquium (15 %) 	
12	Turnus des Angebots	jederzeit nach Absprache mit der Betreuerin/dem Betreuer	
13	Arbeitsaufwand	Workload: 900 h Selbststudium: 900 h	
14	Dauer des Moduls	ein Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	deutsch und englisch	
16	Literaturhinweise	nach Vorgabe der Betreuerin/des Betreuers der Masterarbeit	

1	Modulbezeichnung	Modul MaA: Masterarbeit Wirtschaftsmathematik (englische Bezeichnung: Master Thesis Mathematical Economics)	ECTS 30
2	Lehrveranstaltungen	Masterarbeit	
3	Lehrende	Hochschullehrer/in der Mathematik	
4	Modulverantwortung	Studiendekan/in studiendekan@math.fau.de	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Eigenständige Lösung einer wissenschaftlichen Aufgabe im Bereich der Wirtschaftsmathematik unter Anleitung und schriftliche Ausarbeitung. • Betreuung durch Hochschullehrer/in der Mathematik 	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • bearbeiten eine Problemstellung aus dem Bereich der Wirtschaftsmathematik mit wissenschaftlichen Methoden selbständig und stellen diese strukturiert in schriftlicher Form dar; • wirken bei der Bearbeitung aktueller Forschungsthemen problemorientiert mit und definieren anhand dieses Wissens neue Forschungsziele. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	empfohlen: Die übrigen Mastermodule sollten abgeschlossen sein	
8	Einpassung in Musterstudienplan	3./4. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul in M.Sc. Wirtschaftsmathematik	
10	Studien- und Prüfungsleistung	schriftliche Arbeit (ca. 60 Seiten)	
11	Berechnung Modulnote	schriftliche Arbeit (100 %)	
12	Turnus des Angebots	jederzeit nach Absprache mit der Betreuerin/dem Betreuer	
13	Arbeitsaufwand	Workload: 900 h Selbststudium: 900 h	
14	Dauer des Moduls	ein Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	deutsch und englisch	
16	Literaturhinweise	nach Vorgabe der Betreuerin/des Betreuers der Masterarbeit	

1	Modulbezeichnung	Modul MaSe: Masterseminar (englische Bezeichnung: Master Seminar)	ECTS 5
2	Lehrveranstaltungen	<ol style="list-style-type: none"> 1. Masterseminar (2 SWS) 2. Masterseminar (2 SWS) 3. Masterseminar „Deep Learning in Control Theory and vice versa“ (2 SWS) 4. Masterseminar Numerik fuer die Navier-Stokes Gleichungen: ausgewählte Kapitel (2 SWS) 5. Masterseminar „Quantitatives Risikomanagement“ (2 SWS) 6. Masterseminar "Spin Glasses with Applications to Deep Learning" „ (2 SWS) 7. Masterseminar „Theorie der Diskreten Optimierung“ (2 SWS) 8. Masterseminar „Wavelets“ (2 SWS) 	
3	Lehrende	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prof. Dr. Michael Stingl michael.stingl@fau.de 2. Prof. Dr. Martin Burger martin.burger@fau.de 3. Prof. Dr. Jan Heiland jan.heiland@fau.de 4. Prof. Dr. Eberhard Bänsch bänsch@math.fau.de 5. Prof. Dr. Wolfgang Stummer stummer@math.fau.de 6. Thorsten Neuschel thorsten.neuschel@math.uni-bielefeld.de 7. Prof. Dr. Yiannis Giannakopoulos yiannis.giannakopoulos@fau.de 8. PD Dr. Cornelia Schneider cornelia.schneider@math.fau.de 	
4	Modulverantwortung	Studiendekan/in studiendekan@math.fau.de	
5	Inhalt	Die aktuell angebotenen Themen werden von den Dozenten rechtzeitig bekannt gegeben.	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • erarbeiten sich vertiefende Fachkompetenzen in einem Teilgebiet der Mathematik; • analysieren Fragestellungen und Probleme aus dem gewählten Teilgebiet der Mathematik und lösen diese mit wissenschaftlichen Methoden; • verwenden relevante Präsentations- und Kommunikationstechniken und präsentieren die mathematischen Sachverhalte in mündlicher und schriftlicher Form; • tauschen sich untereinander und mit den Dozenten über Informationen, Ideen, Probleme und Lösungen auf wissenschaftlichem Niveau aus. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	nach Empfehlung der Lehrenden	

8	Einpassung in Musterstudienplan	3. Semester
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul in <ul style="list-style-type: none"> • M.Sc. Mathematik (Masterseminar) • M.Sc. Technomathematik (Hauptseminar) • M.Sc. Wirtschaftsmathematik (Masterseminar)
10	Studien- und Prüfungsleistung	<ul style="list-style-type: none"> • Vortrag (90 Minuten) • schriftliche Ausarbeitung (5–10 Seiten)
11	Berechnung Modulnote	Vortrag (50%), schriftliche Ausarbeitung (50%)
12	Turnus des Angebots	jedes Semester
13	Arbeitsaufwand	Workload 150 h davon: <ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung: 2 SWS x 15 = 30 h • Selbststudium: 120 h
14	Dauer des Moduls	ein Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • nach Vorgabe der Dozentin/des Dozenten

1	Modulbezeichnung	Modul MathKINN I: Mathematische Grundlagen zu Künstliche Intelligenz, Neuronale Netze und Data Analytics I (englische Bezeichnung: Mathematical basics of artificial intelligence, neural networks and data analytics)	ECTS 5
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung (2 SWS)	
3	Dozenten/-innen	Dr. Hans-Georg Zimmermann hans.georg.zimmermann@scs.fraunhofer.de	
4	Modulverantwortung	Prof. Dr. Alexander Martin alexander.martin@fau.de	
5	Inhalt	<p>Künstliche-Intelligenz Forschung ist der Versuch, menschenähnliche Denkprozesse auf Maschinen zu übertragen. Das betrifft insbesondere Wahrnehmung (nicht nur Sensordaten, sondern auch Bild- und Audio-daten), Modellierung (Untersuchung von Zusammenhängen in Beobachtungen) und Aktionsplanung (für optimale Aktionsplanung ist ein Modell zur Beurteilung vorgeschlagener Aktionen essenziell). Die Mathematik der Neuronalen Netze wurde von Anfang an als adäquate Lösungsmethode gesehen – es dauerte aber ein halbes Jahrhundert, bis diese Mathematik und die Computer Hardware soweit entwickelt waren, dass die Vision tatsächlich bearbeitet werden kann.</p> <p>Im Wintersemester zeigen wir, in welchem Sinne Feedforward Neuronale Netze universelle Approximatoren für komplexe (d.h. nichtlineare und hochdimensionale) Systeme sind. Es wird dargestellt, dass sich das Lernen nicht auf die klassische Sichtweise einer nichtlinearen Regression beschränken lässt. Das liegt auch, aber nicht nur an den Weiterführungen zum Thema Deep-Learning. Wir werden auf die Unterschiede zwischen Regression und Klassifikation eingehen. Weiterführende Kapitel beschäftigen sich mit Unüberwachtem Lernen, Bilderkennung, Neuro-Fuzzy und komplexwertigen Systemen. In der Vorlesung wird auch darauf eingegangen, dass unsere Humane Intelligenz noch andere Qualitäten hat – wir sollten Künstliche- und Humane-Intelligenz nicht als Verdrängungswettbewerb sehen, sondern nach einer optimalen Ergänzung suchen.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • erkennen selbständig Aufgabenstellungen, in denen Neuronale Netze eine hilfreiche Lösungsmethode sind • sind in der Lage, die richtigen Netzstrukturen für echte Anwendungsprobleme zu konstruieren. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	mathematische Grundlagen aus dem Bachelor-Studium	
8	Einpassung in Musterstudienplan	ab 1. Semester Master	
9	Verwendbarkeit des Moduls	<p>Wahlpflichtmodul:</p> <ul style="list-style-type: none"> • M.Sc. CAM („Opti“) • M. Sc. Data Science (DO) • M. Sc. Mathematik(Studienrichtung „Modellierung, Simulation und Optimierung“) • M.Sc. Technomathematik (Studienrichtung „Optimierung“) • M. Sc. Wirtschaftsmathematik (Studienrichtung „Optimierung und Prozessmanagement“) 	
10	Studien- und Prüfungsleistung	mündliche Prüfung (15 Minuten)	
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung (100%)	

12	Turnus des Angebots	jährlich im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand	Workload 150 h davon: <ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung: 2 SWS x 15 = 30 h • Bearbeitung von Übungsaufgaben: 20 h • Selbststudium: 100 h
14	Dauer des Moduls	ein Semester (Vorlesung als Blockveranstaltung vor Semesterbeginn)
15	Unterrichtssprache	englisch
16	Vorbereitende Literatur	keine

1	Modulbezeichnung	Modul MS: Mathematische Statistik (englische Bezeichnung: Mathematical Statistics)	ECTS 5
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung Mathematische Statistik (2 SWS) Übungen zur Mathematischen Statistik (0,5 SWS)	
3	Lehrende	Prof. Dr. Christoph Richard richard@math.fau.de	
4	Modulverantwortung	Prof. Dr. Christoph Richard richard@math.fau.de	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Parameterschätzung • Konfidenzbereiche • Hypothesentests <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. In der Übung vertiefen Lösungen typischer Beispiele das Verständnis des Vorlesungsstoffs.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden erklären und verwenden mathematische Grundlagen der Statistik. Sie entwickeln Lösungsmethoden für einfache statistische Problemstellungen eigenständig.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	empfohlen: Grundkenntnisse in Stochastik	
8	Einpassung in Musterstudienplan	ab 1. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in <ul style="list-style-type: none"> • M. Sc. Data Science (MSD) • M.Sc. Mathematik (Studienrichtung „Analysis und Stochastik“) • M.Sc. Technomathematik (Wahlpflichtmodul Mathematik) • M.Sc. Wirtschaftsmathematik (Studienrichtung „Stochastik und Risikomanagement“) 	
10	Studien- und Prüfungsleistung	mündliche Prüfung (15 Minuten)	
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung (100%)	
12	Turnus des Angebots	jährlich im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand	Workload 150 h davon <ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung: 2 SWS x 15 = 30 h • Übung: ½ SWS x 15 = 7,5h • Selbststudium: 112,5 h 	
14	Dauer des Moduls	ein Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	deutsch	
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Georgii, Stochastik • Casella, Berger, Statistical Inference 	

1	Modulbezeichnung	Modul PDG I: Partielle Differentialgleichungen I (englische Bezeichnung: Partial Differential Equations I)	ECTS 10
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung Partielle Differentialgleichungen I (4 SWS) Übungen zu Partiellen Differentialgleichungen I (2 SWS)	
3	Lehrende	Prof. Dr. Hannes Meinlschmidt hannes.meinlschmidt@math.fau.de	
4	Modulverantwortung	Prof. Dr. Günther Grün gruen@math.fau.de	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> schwache Existenztheorie elliptischer Gleichungen zweiter Ordnung Regularität schwacher Lösungen (Differenzenquotientenmethode, Moser, Harnack) Wärmeleitungsgleichung in Hölderräumen, Vergleichssätze <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden erarbeiten sich einen Überblick über Anwendungsbereiche von PDGen. Sie verwenden einfache explizite Lösungsmethoden und nutzen klassische und „schwache“ Zugänge zu Existenzresultaten	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	empfohlen: Analysis-Module des Bachelorstudiums	
8	Einpassung in Musterstudienplan	Semester 1,2 oder 3	
9	Verwendbarkeit des Moduls	<p>Wahlpflichtmodul in</p> <ul style="list-style-type: none"> B.Sc. Bachelor Mathematik (Theoretische Mathematik, Angewandte Mathematik) B.Sc. Technomathematik (Numerische Mathematik, Modellierung und Optimierung) B.Sc. Wirtschaftsmathematik (Mathematische Wahlpflichtmodule) B. Sc./M. Sc. Data Sciences (Datenbanken und Wissenrepräsentation) M.Sc. Mathematik (Studienrichtung „Analysis und Stochastik“, „Modellierung, Simulation und Optimierung“) M.Sc. Technomathematik (Studienrichtung „Modellierung und Simulation“) M.Sc. Wirtschaftsmathematik (Mathematische Wahlpflichtmodule) 	
10	Studien- und Prüfungsleistung	mündliche Prüfung (20 Min.)	
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung (100 %)	
12	Turnus des Angebots	jährlich im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand	<p>Workload 300 h davon</p> <ul style="list-style-type: none"> Vorlesung: 4 SWS x 15 = 60 h Übung: 2 SWS x 15 = 30 h Selbststudium: 210 h 	

14	Dauer des Moduls	ein Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • E. DiBenedetto: Partial Differential Equations, Birkhäuser 2001 • L. C. Evans: Partial Differential Equations, AMS 1997 • D. Gilbarg, N. S. Trudinger: Elliptic Partial Differential Equations, Springer 1983 • Vorlesungsskriptum

1	Modulbezeichnung	Modul PDG III: Partielle Differentialgleichungen III (englische Bezeichnung: Partial Differential Equations I)	ECTS 10
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung Partielle Differentialgleichungen III (4 SWS) Übungen zu Partiellen Differentialgleichungen III (2 SWS)	
3	Lehrende	Prof. Dr. Frank Duzaar frank.duzaar@fau.de	
4	Modulverantwortung	Prof. Dr. Frank Duzaar frank.duzaar@fau.de	
5	Inhalt	Regularitätstheorie des elliptischen und parabolischen p-Laplace Operators: <ul style="list-style-type: none"> • Beschränktheit schwacher Lösungen, • Hölder-Stetigkeit schwacher Lösungen, • Differenzierbarkeit schwacher Lösungen. Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden erarbeiten sich einen Überblick über die Regularitätstheorie degeneriert elliptischer und parabolischer Differentialgleichungen. Sie verwenden die Konzepte von DeGiorgi und DiBenedetto und nutzen diese zum Beweis von Regularitätsresultaten.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	empfohlen: Module zu Partielle Differentialgleichungen des Bachelorstudiums (insbesondere Kenntnis von Sobolev-Räumen)	
8	Einpassung in Musterstudienplan	Semester 7 oder 8	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in <ul style="list-style-type: none"> • M.Sc. Mathematik (Studienrichtung „Analysis und Stochastik“, „Modellierung, Simulation und Optimierung“) • M.Sc. Technomathematik (Studienrichtung „Modellierung und Simulation“) • M.Sc. Wirtschaftsmathematik (Mathematische Wahlpflichtmodule) 	
10	Studien- und Prüfungsleistung	mündliche Prüfung (20 Min.)	
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung (100 %)	
12	Turnus des Angebots	jährlich im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand	Workload 300 h davon <ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung: 4 SWS x 15 = 60 h • Übung: 2 SWS x 15 = 30 h • Selbststudium: 210 h 	
14	Dauer des Moduls	ein Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	deutsch	

16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none">• E. DiBenedetto: Partial Differential Equations, Birkhäuser 2001• L. C. Evans: Partial Differential Equations, AMS 1997• E. DiBenedetto: Degenerate Parabolic Equations, Springer 1993• E. DiBenedetto, U. Gianazza, V. Vespi: Harnack's Inequality and Singular Parabolic Equations, Springer 2012• Vorlesungsskriptum
----	--------------------------	--

1	Modulbezeichnung	Modul QM: Quantenmechanik (englische Bezeichnung: Quantum Mechanics)	ECTS 10
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung (4 SWS) Übung (2 SWS)	
3	Lehrende	Prof. Dr. Andreas Knauf knauf@math.fau.de	
4	Modulverantwortung	Prof. Dr. Andreas Knauf knauf@math.fau.de	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Der Formalismus der Quantenmechanik • Das Spektrum eines Operators • Selbstadjungiertheit unbeschränkter Operatoren • Der Spektralkalkül • Teilchen im Magnetfeld • Periodizität und Quasiperiodizität • Zufällige Potentiale 	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden erklären und verwenden die geometrischen und analytischen Konzepte der mathematischen Beschreibung der Quantenmechanik und deren Anwendungen.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	empfohlen: Lineare Algebra, Analysis	
8	Einpassung in Musterstudienplan	1., 2. oder 3. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in <ul style="list-style-type: none"> • M.Sc. Mathematik (Studienrichtungen „Analysis und Stochastik“ und „Algebra und Geometrie“) • M.Sc. Wirtschaftsmathematik Wahlmodul in M.Sc. Technomathematik	
10	Studien- und Prüfungsleistung	mündliche Prüfung (20 Minuten)	
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung (100 %)	
12	Turnus des Angebots	Sommer- oder Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand	Workload 300 h, davon Vorlesung: 4 SWS x 15 = 60 h Übung: 2 SWS x 15 = 30 h Selbststudium: 210 h	
14	Dauer des Moduls	ein Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	deutsch	

16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none">• Skript• M. Reed, B. Simon: Methods of Modern Mathematical Physics. Academic Press• H. Cycon, R. Froese, W. Kirsch, B. Simon: Schrödinger Operators. Springer• W. Thirring: Lehrbuch der Mathematischen Physik. Band 3: Quantenmechanik von Atomen und Molekülen. Springer
----	--------------------------	--

1	Modulbezeichnung	Modul Spek: Spektraltheorie (englische Bezeichnung: Spectral theory)	ECTS 5
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung Spektraltheorie (2 SWS) Übungen zu Spektraltheorie (2 SWS)	
3	Lehrende	Prof. Dr. Gandalf Lechner gandalf.lechner@fau.de	
4	Modulverantwortung	Prof. Dr. Gandalf Lechner gandalf.lechner@fau.de	
5	Inhalt	In diesem Modul werden in Vorlesungen und interaktiven Übungen die wesentlichen Eigenschaften der Spektraltheorie von beschränkten und unbeschränkten Operatoren auf Hilberträumen studiert. Neben der allgemeinen Theorie (Definitionsbereiche, Adjungierte, Abschließbarkeit, Selbstadjungiertheit, Spektralsatz, messbarer Kalkül) werden wichtige Anwendungen besprochen, insbesondere der Satz von Stone und Grundzüge der Streutheorie. Die Übungen stellen einen wesentlichen Teil der Veranstaltung dar und dienen zur Präsentation/Diskussion von Übungsaufgaben und Fragen sowie dem Erläutern von weiteren Anwendungen z.B. in der theoretischen Quantenphysik.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> nennen und erklären die Grundprinzipien der Spektraltheorie von Operatoren auf Hilberträumen können die erlernten Konzepte mit relevanten Beispielen illustrieren demonstrieren Vertrautheit mit Anwendungen dieser Theorie auf unitäre Einparametergruppen (Stone, Streutheorie) sind in der Lage, Lösungen von Übungsaufgaben an der Tafel zu erklären 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	empfohlen: Funktionalanalysis I	
8	Einpassung in Musterstudienplan	B. Sc.: ab dem 5. Semester M. Sc.: ab dem 1. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in <ul style="list-style-type: none"> B.Sc. Mathematik (Theoretische Mathematik, Angewandte Mathematik) M.Sc. Mathematik (Studienrichtung „Analysis und Stochastik“) M.Sc. Wirtschaftsmathematik (Mathematische Wahlpflichtmodule) 	
10	Studien- und Prüfungsleistung	mündliche Prüfung (20 Minuten)	
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung (100 %)	
12	Turnus des Angebots	unregelmäßig	
13	Arbeitsaufwand	Workload 150 h davon: <ul style="list-style-type: none"> Vorlesung: 2 SWS x 15 = 30h Übung: 2 SWS x 15 = 30h Selbststudium: 90h 	

14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	deutsch
16	Literaturhinweise	Bücher von Reed-Simon, Werner. Eine genaue Liste von Büchern wird in der Vorlesung bekanntgegeben.

1	Modulbezeichnung	Modul StA: Stochastische Analysis (englische Bezeichnung: Stochastic Analysis)	ECTS 5
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung Stochastische Analysis (2 SWS) Übungen zur Stochastischen Analysis (0,5 SWS)	
3	Lehrende	Prof. Dr. Wolfgang Stummer stummer@math.fau.de	
4	Modulverantwortung	Prof. Dr. Wolfgang Stummer stummer@math.fau.de	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Itokalkulus • Diffusionsprozesse • Stochastische Differentialgleichungen • Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. 	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden erwerben die Fähigkeit komplexere Strukturen der Stochastik selbständig zu erfassen und auf exemplarische Problemstellungen anzuwenden. Diese bilden eine Basis für eine Spezialisierung in Stochastik undentsprechenden wirtschaftsmathematischen Themen.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	empfohlen: Kenntnisse der Wahrscheinlichkeitstheorie sind zum Verständnis hilfreich	
8	Einpassung in Musterstudienplan	1., 2. oder 3. Semester	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul in <ul style="list-style-type: none"> • M. Sc. Data Science (MSD) • M.Sc. Mathematik (Studienrichtung „Analysis und Stochastik“) • M.Sc. Technomathematik (Mathematisches Wahlpflichtmodul) • M.Sc. Wirtschaftsmathematik (Studienrichtung „Stochastik und Risikomanagement“) • ggf. B.Sc. Mathematik (Angewandte Mathematik) 	
10	Studien- und Prüfungsleistung	mündliche Prüfung (15 Minuten) oder Klausur (120 Minuten) (wird zu Semesterbeginn bekanntgegeben)	
11	Berechnung Modulnote	mündliche Prüfung (100%) oder Klausur (100 %)	
12	Turnus des Angebots	jährlich im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand	Workload 150 h davon <ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung: 2 SWS x 15 = 30 h • Übung: ½ SWS x 15 = 7,5 h • Selbststudium: 112,5 h 	
14	Dauer des Moduls	ein Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	deutsch	
16	Literaturhinweise	Die vorbereitende Literatur wird für jede Lehrveranstaltung jedes Semester neu festgelegt.	

