Modulhandbuch Mathematik

Universität Tübingen

Mai 2017

Inhaltsverzeichnis

1 Allgemeines

Für den Bachelor of Science (BSc) in Mathematik sind 180 ECTS-Punkte abzudecken. Davon können 30 Punkte aus nichtmathematischen Modulen bestritten werden, hiervon höchstens 6 aus Modulen der fächerübergreifenden Zusatzqualifikationen. Diese 30 Punkte sind zu belegen mit Modulen der Mathematik oder mit Modulen vor allem aus den folgenden Fachgebieten:

- Wirtschaftswissenschaften
- Philosophie und Geschichte
- Physik
- Chemie
- Biologie
- Geowissenschaften
- Informatik
- Psychologie

Im Masterstudiengang (MSc) sind 120 ECTS-Punkte zu erbringen, von denen 30 nicht fachgebunden sind. Die gewählten Module anderer Fachbereiche müssen inhaltlich verschienden voneinander und von den Modulen der Mathematik sein. Die Module des Masterstudiums müssen inhaltlich im Wesentlichen verschieden sein von den Modulen des Bachelorstudiums

- Es können auch Module aus anderen als den oben genannten Fachbereichen belegt werden, wobei zu beachten ist, dass die Studierenden der Mathematik kein grundsätzliches Recht auf einen Platz in einem Modul eines anderen Fachbereichs haben. Dies gilt insbesondere für Fächer mit Zulassungsbeschränkungen.
- Der Zulassung muss immer auch der verantwortliche Dozent zustimmen. Die Studenten sollen sich daher bitte immer zu Beginn der Veranstaltung bei den jeweiligen Dozenten melden.
- Mathematik-Veranstaltungen für Studenten anderer Fachbereiche können grundsätzlich nicht im Wahlpflicht-Bereich anerkannt werden.
- Die Studenten sollen darauf achten, dass sie nur Veranstaltungen belegen, deren Prüfungstermine sich nicht ueberschneiden.

2 Dependenzen

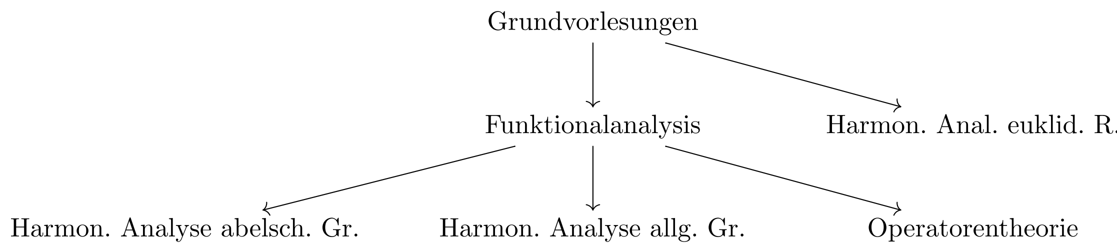
2.1 Dependenzen im Pflichtbereich

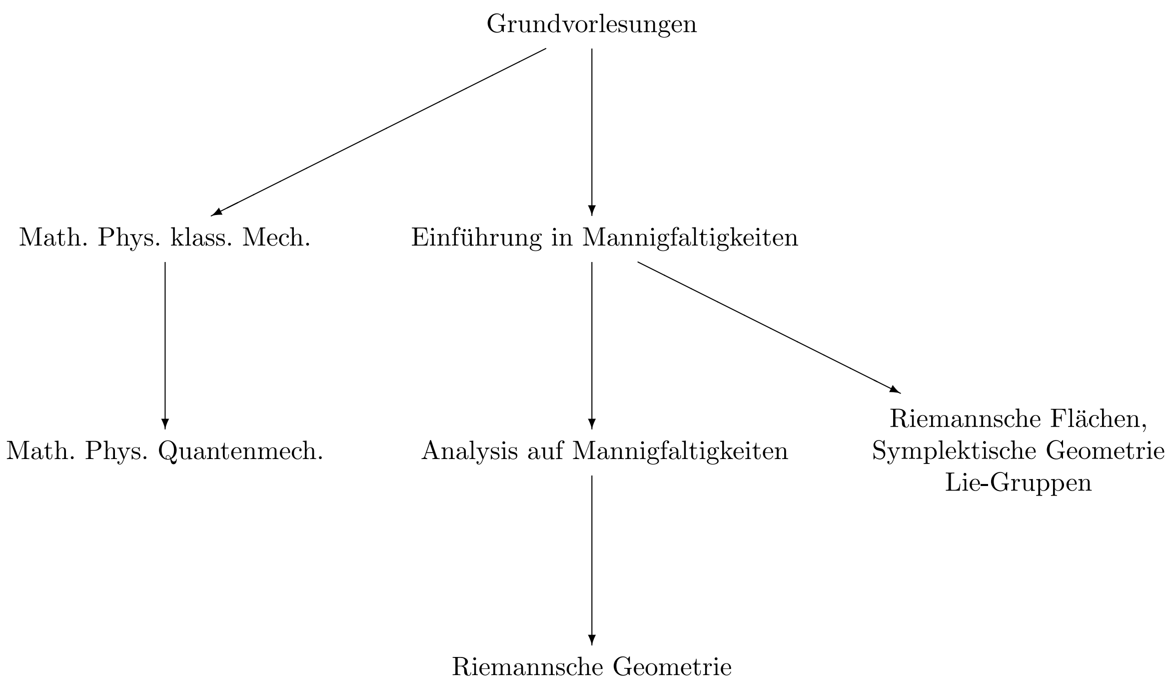
$$
\begin{tikzcd}
\text{Analysis 1} \arrow[d] & \text{Lineare Algebra 1} \arrow[dl] \arrow[dr] & \\
\text{Analysis 2} \arrow[d] \arrow[dr] & & \text{Lineare Algebra 2} \arrow[dl] \arrow[d] \\
\text{Analysis 3} \arrow[r, dotted] \arrow[d] & \text{Stochastik, Numerik} & \text{Algebra} \\
\text{Analysis 4} & &
\end{tikzcd}
$$

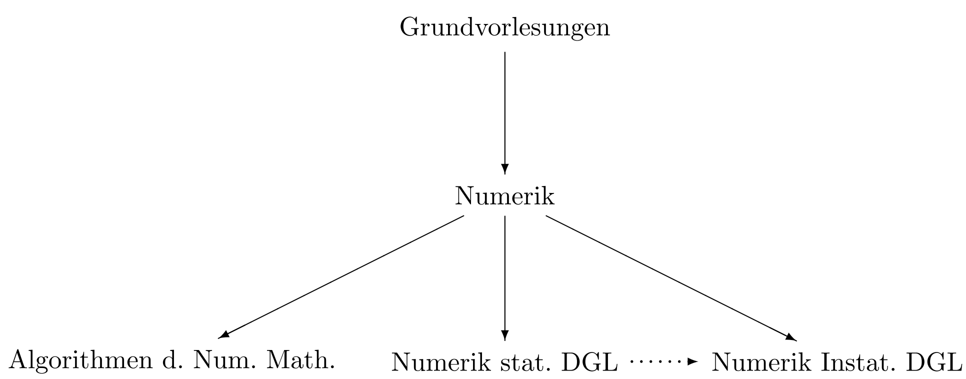
2.2 Dependenzen im Wahlpflichtbereich

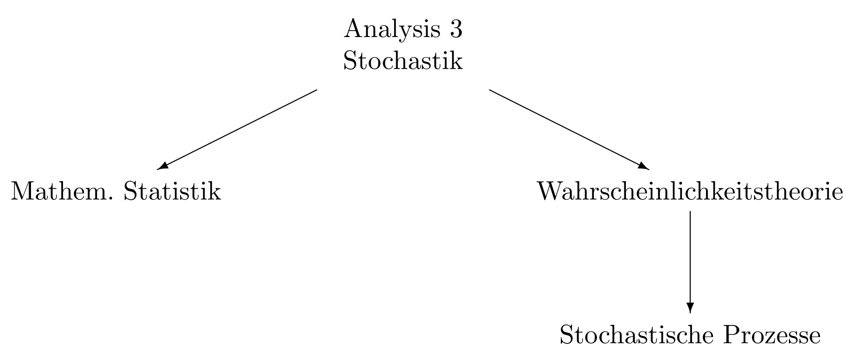
$$\begin{tikzcd}
 & \text{Grundvorlesungen} \arrow[dl] \arrow[dr] & \\
\begin{array}{c}\text{Kommutative Algebra}\\ \text{Algebraische Geometrie}\end{array} \arrow[d] & & \begin{array}{c}\text{Algebraische Zahlentheorie}\\ \text{Analytische Zahlentheorie}\\ \text{Automorphe Formen}\end{array} \\
\text{Algebraische Gruppen} & &
\end{tikzcd}$$

$$\begin{tikzcd}
 & \text{Grundvorlesungen} \arrow[dl] \arrow[d] \arrow[dr] & \\
\text{Geom. Maßth. Varif.} \arrow[d] & \text{Lineare Part. DGL.} \arrow[d] & \text{Variationsrechnung} \arrow[d] \\
\text{Geom. Maßth. Str.} & \text{Nichtlin. Part. DGL.} & \text{Variationsmethoden}
\end{tikzcd}$$


Grundvorlesungen
Funktionalanalysis
Harmon. Anal. euklid. R.
Harmon. Analyse abelsch. Gr.
Harmon. Analyse allg. Gr.
Operatorentheorie


Grundvorlesungen
Math. Phys. klass. Mech.
Einführung in Mannigfaltigkeiten
Math. Phys. Quantenmech.
Analysis auf Mannigfaltigkeiten
Riemannsche Flächen,
Symplektische Geometrie
Lie-Gruppen
Riemannsche Geometrie


Grundvorlesungen
Numerik
Algorithmen d. Num. Math.
Numerik stat. DGL
Numerik Instat. DGL


Analysis 3
Stochastik
Mathem. Statistik
Wahrscheinlichkeitstheorie
Stochastische Prozesse

3 Pflichtmodule

3.1 Analysis 1

Modulcode	115
ECTS-Punkte	11
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	jährlich
Koordinator(en)	alle Dozenten des Fachbereichs
Einordnung	Pflichtveranstaltung im 1. Semester
Voraussetzungen	keine
Inhalt	Einfache Logik, Mengen, Aufbau der reellen und komplexen Zahlen, Folgen, Konvergenz, Reihen, Konvergenzkriterien, stetige Funktionen und ihre Eigenschaften, differenzierbare Funktionen, Mittelwertsatz, Treppenfunktionen, Riemann-Integral, Hauptsatz der Infinitesimalrechnung.
Literatur (exemplarisch)	T. Apostol: Mathematical Analysis, Addison Wesely Publishing Company 1971. O. Forster: Analysis 1, Vieweg-Verlag 2004. H. Heuser: Lehrbuch der Analysis, Teil 1, Teubner-Verlag 1991. K. Königsberger: Analysis 1, Springer-Verlag 2000.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: schriftlich (90-180 Minuten), Nachprüfung schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten).

3.2 Lineare Algebra 1

Modulcode	155
ECTS-Punkte	11
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	jährlich
Koordinator(en)	alle Dozenten des Fachbereichs
Einordnung	Pflichtveranstaltung im 1. Semester
Voraussetzungen	keine
Inhalt	Mengentheoretische und algebraische Grundbegriffe, Vektorräume, lineare Abbildungen, Matrizen, lineare Gleichungsysteme, Determinanten, Eigenwerte, Diagonalisierbarkeit.
Literatur (exemplarisch)	E. Brieskorn: Lineare Algebra und analytische Geometrie I, Vieweg 1983. Bröcker, Th.: Lineare Algebra und analytische Geometrie. G. Fischer : Lineare Algebra, Vieweg 2002. M. Koecher: Lineare Algebra und analytische Geometrie, Springer1999.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: schriftlich (90-180 Minuten), Nachprüfung schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten).

3.3 Analysis 2

Modulcode	195
ECTS-Punkte	11
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	jährlich
Koordinator(en)	alle Dozenten des Fachbereichs
Einordnung	Pflichtveranstaltung im 2. Semester
Voraussetzungen	Analysis 1 und Lineare Algebra 1
Inhalt	Metrische Räume, Normierte Vektorräume, stetige Abbildungen zwischen metrischen Räumen, Funktionenfolgen, punktweise und gleichmäßige Konvergenz, Differentialrechnung im Mehrdimensionalen, Umkehrsatz, Satz über implizite Funktionen, Gewöhnliche Differentialgleichungen (Existenz und Eindeutigkeit von Lösungen), Mehrfachintegrale, Transformationsformel.
Literatur (exemplarisch)	T. Apostol: Mathematical Analysis, Addison Wesely Publishing Company 1971. Coddington, Levinson, Theory of Ordinary Differential Equations. O. Forster: Analysis 2, Vieweg-Verlag 2004. H. Heuser: Lehrbuch der Analysis, Teil 2, Teubner-Verlag 1991. K. Königsberger: Analysis 2, Springer-Verlag 2000. Reid, Ordinary Differential Equations.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: schriftlich (90-180 Minuten), Nachprüfung schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten).

3.4 Lineare Algebra 2

Modulcode	235
ECTS-Punkte	11
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	jährlich
Koordinator(en)	alle Dozenten des Fachbereichs
Einordnung	Pflichtveranstaltung im 2. Semester
Voraussetzungen	Lineare Algebra 1
Inhalt	Euklidische und unitäre Vektorräume, Spektralsätze, Normalformentheorie, Bilinearformen, multilineare Algebra
Literatur (exemplarisch)	E. Brieskorn: Lineare Algebra und analytische Geometrie I, Vieweg 1983. Bosch, S.: Lineare Algebra, Springer-Verlag 2008. Bröcker, Th.: Lineare Algebra und analytische Geometrie. G. Fischer : Lineare Algebra, Vieweg 2002. M. Koecher: Lineare Algebra und analytische Geometrie, Springer 1999.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: schriftlich (90-180 Minuten), Nachprüfung schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten).

3.5 Analysis 3

Modulcode	305
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	jährlich
Koordinator(en)	Deitmar, Schätzle
Einordnung	Pflichtveranstaltung im 3. Semester
Voraussetzungen	Analysis 1 und 2, Lineare Algebra 1 und 2
Inhalt	Maß- und Integrationstheorie: Maße, Lebesgue-Integral, Konvergenzsätze, Lp-Räume, Satz von Radon- Nikodym, Lp-Lq-Dualität, Satz von Fubini, Darstellungssatz von Riesz. Differentialformen, Integralsätze von Gauß und Stokes.
Literatur (exemplarisch)	H. Bauer: Wahrscheinlichkeitstheorie und Grundzüge der Maßtheorie. Elstrodt, J.: Maß- und Integrationstheorie. Springer-Verlag, Berlin, 2005. L.C. Evans, R.F. Gariepy: Measure Theory and Fine Properties of Functions. Forster, O.: Analysis. 3. Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1981 E. Hewitt, K.R. Stromberg: Real and Abstract Analysis. G. Nöbeling: Integralsätze der Analysis. W. Rudin, Real and Complex Analysis.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: schriftlich (90-180 Minuten), Nachprüfung schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten).

3.6 Numerik

Modulcode	355
ECTS-Punkte	12
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	jährlich
Koordinator(en)	Lubich, Prohl
Einordnung	Pflichtveranstaltung im 3. Semester
Voraussetzungen	Analysis 1 und 2, Lineare Algebra 1 und 2
Inhalt	Interpolation und Approximation von Funktionen, numerische Integration und Differentiation, lineare Gleichungssysteme und lineare Ausgleichsrechnung, nichtlineare Gleichungssysteme und nichtlineare Ausgleichsrechnung, Anfangswertprobleme gewöhnlicher Differentialgleichungen
Literatur (exemplarisch)	P. Deuflhard, A. Hohmann: Numerische Mathematik 1, de Gruyter, 4. Aufl. 2008 M. Hanke-Bourgeois: Grundlagen der Numerischen Mathematik und des Wissenschaftlichen Rechnens, Teubner, 2. Aufl. 2006
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: schriftlich (90-180 Minuten), Nachprüfung schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten).

3.7 Analysis 4

Modulcode	405
ECTS-Punkte	6
Semesterwochenstunden	2 Std Vorlesung, 1 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	jährlich
Koordinator(en)	Deitmar, Schätzle
Einordnung	Pflichtveranstaltung im 4. Semester
Voraussetzungen	Analysis 1 und 2
Inhalt	Elementare Funktionentheorie: holomorphe Funktionen, Cauchy-Riemann-Differentialgleichungen, Cauchyscher Integralsatz, Cauchy Integralformel, Potenzreihendarstellung holomorpher Funktionen, Identitätssatz, Maximumprinzip, Satz von Liouville, Residuensatz.
Literatur (exemplarisch)	Ahlfors, L.: Complex Analysis. Conway, J.: Complex Analysis, Springer-Verlag. Rudin, W.: Real and Complex Analysis.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: schriftlich (90-180 Minuten), Nachprüfung schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten).

3.8 Algebra

Modulcode	455
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	jährlich
Koordinator(en)	Batyrev, Hausen
Einordnung	Pflichtveranstaltung im 4. Semester
Voraussetzungen	Lineare Algebra 1 und 2
Inhalt	Gruppen, Strukturtheorie endlicher Gruppen, Ringe, Ideale, Polynomringe, Teilbarkeitstheorie, Körper, Körpererweiterungen
Literatur (exemplarisch)	S. Bosch, Algebra, Springer, 1996. G. Fischer, R. Sacher, Einführung in die Algebra , Teubner Studienbücher, 1983. Ch. Karpfinger und K. Meyberg, Algebra Gruppen-Ringe-Körper, Spektrum Akad. Verlag 2.Aufl. 2010. K. Meyberg, Algebra I,II, Carl Hanser Verlag, 1980. H.-J. Reiffen, G. Scheja, U.Vetter, Algebra , Hochschultaschenbücher, Bd. 110, 1984.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: schriftlich (90-180 Minuten), Nachprüfung schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten).

3.9 Stochastik

Modulcode	505
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	jährlich
Koordinator(en)	Möhle, Zerner
Einordnung	Pflichtveranstaltung im 4. Semester
Voraussetzungen	Analysis 1,2,3; Lineare Algebra 1
Inhalt	Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik. Themen zur Wahrscheinlichkeitstheorie: Wahrscheinlichkeitsräume, einfache bedingte Wahrscheinlichkeiten, Urnen-Modelle, Zufallsvariablen, Verteilungsfunktionen, diskrete und stetige Verteilungen, Erwartungswert und Varianz, Ungleichungen, Unabhängigkeit, gemeinsame Verteilung, Konvergenzbegriffe, Gesetze der Großen Zahlen, Zentraler Grenzwertsatz. Themen zur Statistik: Punktschätzer, Hypothesentests, Standard-Testverfahren.
Literatur (exemplarisch)	H.-O. Georgii: Stochastik, de Gruyter. U. Krengel: Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik, Vieweg.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: schriftlich (90-180 Minuten), Nachprüfung schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten).

4 Wahlpflichtmodule

4.1 Proseminar

Modulcode	2105
ECTS-Punkte	4
Semesterwochenstunden	2 Std
Moduldauer	1 Semester
Turnus	jedes Semester
Koordinator(en)	alle Dozenten des Fachbereichs
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung 2.-4. Semester
Voraussetzungen	Analysis 1, Lineare Algebra 1
Inhalt	verschiedene Themen aus verschiedenen Gebieten der Mathematik.
Literatur (exemplarisch)	wird jeweils angegeben
Prüfungsleistung:	Vortrag (45-90 Minuten).

4.2 Seminar

Modulcode	2135,2140,2145,2150
ECTS-Punkte	4
Semesterwochenstunden	2 Std
Moduldauer	1 Semester
Turnus	jedes Semester
Koordinator(en)	alle Dozenten des Fachbereichs
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Voraussetzungen	Grundvorlesungen
Inhalt	verschiedene Themen aus verschiedenen Gebieten der Mathematik.
Literatur (exemplarisch)	wird jeweils angegeben
Prüfungsleistung:	Vortrag (45-90 Minuten).

4.3 Algebraische Geometrie

Modulcode	2165
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Batyrev, Hausen
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Reine Mathematik
Voraussetzungen	Lineare Algebra 1 und 2, Algebra
Inhalt	Prävarietäten und Varietäten, projektive Varietäten, homogenes Spektrum, endliche und eigentliche Morphismen, Blow-Up, Grassmannvarietäten, Divisoren und Geradenbündel, Klassengruppe und Picardgruppe
Literatur (exemplarisch)	Hartshorne: Algebraic Geometry, Chap I. Hulek: Elementare algebraische Geometrie. Kunz: Einführung in die algebraische Geometrie. Mumford: The red book of varieties and schemes. Reid: Undergraduate Algebraic Geometry. Shafarevich: Basic Algebraic Geometry.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.4 Algebraische Gruppen

Modulcode	2195
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4+2
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Batyrev, Hausen
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Voraussetzungen	Algebraische Geometrie
Inhalt	Affin-algebraische Gruppen, Linearisierung, algebraische Gruppenwirkungen, Jordanzerlegungen, unipotente Gruppen, diagonalisierbare Gruppen, Lie-Algebra einer algebraische Gruppe, Boreluntergruppen und maximale Tori, Wurzelsysteme, reduktive Gruppen, Quotienten
Literatur	Borel: Linear Algebraic Groups, Humphreys: Linear Algebraic Groups, Springer
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.5 Algebraische Topologie

Modulcode	2225
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std. Vorlesung, 2 Std. Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Loose, Deitmar
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Reine Mathematik
Voraussetzungen	Grundvorlesungen
Inhalt	Mengentheoretische Toplogie, Homotopie, Fundamentalgruppe, Überlagerungen, Kettenkomplexe, singuläre Homologie, Anwendungen
Literatur (exemplarisch)	Hatcher, A.: Algebraic Topology, Cambridge University Press 2002. Kelly: General Topology. Rotman, J.: An Introduction to Algebraic Topology, Springer-Verlag 1998. Spanier, E.: Algebraic Topology. Stöcker, Zieschang: Algebraische Topologie.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.6 Algebraische Zahlentheorie

Modulcode	2255
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Batyrev, Deitmar, Hausen
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Reine Mathematik
Voraussetzungen	Grundvorlesungen
Inhalt	Ganzzahlringe, Klassenzahlen, der Dirichletsche Einheitensatz, Erweiterungen von Dedekindringen, Bewertungstheorie, lokale Körper, Adele und Idele.
Literatur (exemplarisch)	Neukirch: Algebraische Zahlentheorie. Schmidt, A.: Einführung in die algebraische Zahlentheorie, Springer-Verlag 2007. Weil, A.: Basic Number Theory.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.7 Algorithmen der Numerischen Mathematik

Modulcode	2285
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinatoren	Lubich, Prohl
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	angewandte Mathematik
Voraussetzungen	Numerik
Inhalt	weiterführende, "große" Algorithmen der Numerik (ohne Differentialgleichungen) wie etwa: Schnelle Fourier-Transformation, QR-Algorithmus zur Berechnung von Eigenwerten, Verfahren der konjugierten Gradienten und allgemeinere Krylov-Raumverfahren als iterative Verfahren in der numerischen linearen Algebra und in der nichtlinearen Optimierung, Simplex-Verfahren und Innere-Punkt-Verfahren in der linearen Optimierung
Literatur (exemplarisch)	P. Deuflhard, A. Hohmann: Numerische Mathematik 1, de Gruyter, 4. Aufl. 2008 M. Hanke-Bourgeois: Grundlagen der Numerischen Mathematik und des Wissenschaftlichen Rechnens, Teubner, 2. Aufl. 2006
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.8 Allgemeine Relativitätstheorie

Modulcode	2315
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Loose
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Reine und Angewandte Mathematik
Voraussetzungen	Einführung in Mannigfaltigkeiten
Inhalt	Newtons Gravitationstheorie, Spezielle Relativitätstheorie, Raumzeiten, Einsteins Feldgleichung, Kosmologische Modelle, Schwarzschild-Geometrie
Literatur (exemplarisch)	H. Fischer, H. Kaul: Mathematik für Physiker, Band III. B. o'Neill: Semi-Riemannian Geometry.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.9 Analysis auf Mannigfaltigkeiten

Modulcode	2345
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Bohle, Loose, H. Markwig
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Reine Mathematik
Voraussetzungen	Einführung in Mannigfaltigkeiten
Inhalt	Integration, Stokes Theorem, Lineare elliptische Operatoren, Hodge Zerlegung, deRham Kohomologie, Klassifikation von Mannigfaltigkeiten
Literatur (exemplarisch)	Bott, R.; Tu, L.: Differential forms in algebraic topology. Graduate Texts in Mathematics, 82. Springer-Verlag, New York-Berlin, 1982. Griffiths, P.; Harris, J.: Principles of algebraic geometry. Reprint of the 1978 original. Wiley Classics Library. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1994. Roe, J.: Elliptic operators, topology and asymptotic methods. Second edition. Pitman Research Notes in Mathematics Series, 395. Longman, Harlow, 1998.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.10 Analytische Zahlentheorie

Modulcode	2375
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Deitmar
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Reine Mathematik
Voraussetzungen	Grundvorlesungen
Inhalt	Arithmetische Funktionen und Dirichlet-Reihen, Primzahlsatz und Dirichletscher Primzahlsatz, Zeta-Integrale
Literatur (exemplarisch)	Chandrasekharan: Introduction to analytic Number Theory. Kowalski, E.; Iwaniec, H.: Analytic Number Theory, Oxford University Press 2004. Lang: Number Theory. Weil: Basic Number Theory.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.11 Automorphe Formen

Modulcode	2405
ECTS-Punkte	18
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	2 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Deitmar
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Reine Mathematik
Voraussetzungen	Grundvorlesungen
Inhalt	Elliptische Kurven und Modulformen, Automorphe L-Funktionen, Hecke Operatoren und Euler-Produkte. Automorphe Formen auf Adele-Gruppen und L-Funktionen.
Literatur	Deitmar: Automorphic Forms. Springer. Apostol: Modular functions and Dirichlet series in number theory. Bump, Daniel: Automorphic Forms and Representations, Cambridge University Press 1998. Goldfeld: Automorphic forms and L-functions for the group GL(n,R). Hida: Elementary theory of L-functions and Eisenstein series. Hida: Geometric modular forms and elliptic curves. Hida: Modular forms and Galois cohomology. Iwaniec: Spectral methods of automorphic forms. Serre: A course in Arithmetic. Shimura: Introduction to the arithmetic theory of automorphic functions
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.12 Dynamische Systeme

Modulcode	2435
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std. Vorlesung, 2 Std. Übung
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Loose
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Reine und Angewandte Mathematik
Voraussetzungen	Grundvorlesungen
Inhalt	Die Keplerschen Gesetze, Gleichgewichtslagen, Stabilität, Räuber-Beute-Modelle, Satz von Poincare- Bendixson, Limesmengen, periodische Bahnen, Himmelsmechanik
Literatur (exemplarisch)	Hirsch, Smale: Differential equations, dynamical systems and linear algebra; V.I. Arnold: Mathematical methods of classical mechanics; C. Siegel, J. Moser: Lectures on celestial mechanics.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.13 Einführung in Mannigfaltigkeiten

Modulcode	2465
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Bohle, Loose, H. Markwig
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Reine Mathematik
Voraussetzungen	Analysis 1-4 und Lineare Algebra 1-2
Inhalt	Mannigfaltigkeiten, Vektorbündel, Vektorfelder, Flüsse, Frobenius Theorem, Zusammenhänge, Holonomie, Krümmung, Fundamentalsätze der Mannigfaltigkeitstheorie.
Literatur (exemplarisch)	do Carmo, M.: Riemannian geometry. Translated from the second Portuguese edition by Francis Flaherty. Mathematics: Theory & Applications. Birkhäuser Boston, Inc., Boston, MA, 1992. Sharpe, R. W. Differential geometry. Cartan's generalization of Klein's Erlangen program. With a foreword by S. S. Chern. Graduate Texts in Mathematics, 166. Springer-Verlag, New York, 1997. Spivak, M.: A comprehensive introduction to differential geometry. Vol. I-V. Publish or Perish, Inc., Wilmington, Del., 1979 F. Warner: Foundations of Differentiable Manifolds and Lie Groups, Springer Verlag.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.14 Funktionalanalysis

Modulcode	2495
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Deitmar, Schätzle
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Reine Mathematik
Voraussetzungen	Grundvorlesungen
Inhalt	Normierte Räume, Banachräume, Duale, Satz von Hahn-Banach, Prinzip der gleichmäßigen Beschränktheit, Satz vom abgeschlossenen Graphen, Satz der offenen Abbildung. Kompakte Operatoren, normale Operatoren, Spektralsätze.
Literatur (exemplarisch)	Alt, H.W.: Lineare Funktionalanalysis, Springer 2006. Heuser, H.: Funktionalanalysis. Lax, P.: Functional Analysis. Rudin, W.: Functional Analysis. Werner, D.: Funktionalanalysis. Springer-Verlag 2006. Yosida, K.: Functional analysis. Springer-Verlag, Berlin, 1995.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.15 Geometrische Maßtheorie von Varifaltigkeiten

Modulcode	2525
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Schätzle
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Reine Mathematik
Voraussetzungen	Grundvorlesungen
Inhalt	Maße, Überdeckungssätze, Differentiation von Maßen, Hausdorff-Maße und -Dichten, Isodiametrische Ungleichung, Sätze von Rademacher und Whitney, Flächen- und Koflächenformel, Abzählbar rektifizierbare Mengen, Rektifizierbare Varifaltigkeiten, Erste und Zweite Variation, Monotonieformel, Integralkompaktheitssatz von Allard, Lipschitzapproximation, tilt-excess-Abstieg, Regularitätssatz von Allard.
Literatur (exemplarisch)	L.C. Evans, R.F. Gariepy: Measure Theory and Fine Properties of Functions. H. Federer: Geometric Measure Theory. L. Simon: Lectures on Geometric Measure Theory.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.16 Geometrische Maßtheorie von Strömen

Modulcode	2555
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Schätzle
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Reine Mathematik
Voraussetzungen	Grundvorlesungen
Inhalt	Allgemeine und rektifizierbare Ströme, Scaling, Deformationssatz, Kompaktheitssatz, flache Metrik Topologie, Flächeninhaltsminimierende Ströme: Existenz und Kompaktheit, Regularität in einer und allgemeiner Kodimension, Federers Dimensionsreduktionsargument.
Literatur (exemplarisch)	H. Federer: Geometric Measure Theory. E. Giusti: Minimal Surfaces and Functions of Bounded Variation. L. Simon: Lectures on Geometric Measure Theory.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.17 Harmonische Analyse abelscher Gruppen

Modulcode	2645
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Deitmar
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Reine Mathematik
Voraussetzungen	Funktionalanalysis
Inhalt	Fourier-Reihen, Fourier-Transformation, Poisson-Summenformel, Distributionen. Haar-Maße, C*-Algebren, Satz von Gelfand-Naimark. LCA-Gruppen, Pontryagin-Dualität, Plancherel-Satz.
Literatur (exemplarisch)	Deitmar, A.: A first course in Harmonic Analysis, Springer-Verlag 2005. Deitmar, A.; Echterhoff, S.: Principles of Harmonic Analysis, Springer-Verlag 2008. Hewitt, E.; Ross, K.: Abstract harmonic analysis. Vol. I. Springer-Verlag, 1979. Rudin, W.: Fourier analysis on groups. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1990.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.18 Harmonische Analyse allgemeiner Gruppen

Modulcode	2825
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Deitmar
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Reine Mathematik
Voraussetzungen	Grundvorlesungen
Inhalt	Darstellungen Kompakte Gruppen, Peter-Weyl-Satz. Direkte Integrale, Spurformel. Explizite Plancherel-Zerlegung und Spurformel in Beispielen: Heisenberg-Gruppe, SL(2,R).
Literatur (exemplarisch)	Deitmar, A.; Echterhoff, S.: Principles of Harmonic Analysis, Springer-Verlag 2008. Folland, G. B.: A course in abstract harmonic analysis. Studies in Advanced Mathematics. Boca Raton 1995. Talor: Noncommutative Harmonic Analysis.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.19 Harmonische Analysis im euklidischen Raum

Modulcode	2585
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Schätzle
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Reine Mathematik
Voraussetzungen	Grundvorlesungen
Inhalt	Fourier-Transformation, Überdeckungs-, Zerlegungs- und Interpolationssätze, Singuläre Integrale, Poisson-Integrale, Hardy- und BMO-Räume, Multiplikatorensätze, Littlewood-Paley-Theorie.
Literatur (exemplarisch)	C. Feffermann, E.M. Stein: H^p spaces of several variables, Acta Mathematica 129, pp. 137-193 (1972). C.D. Sogge: Fourier Integrals in Classical Analysis. E.M. Stein: Singular Integrals and Differentiability Properties of Functions. E.M. Stein: Harmonic Analysis. E.M. Stein, G. Weiss: Introduction to Fourier Analysis on Euclidean Spaces.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.20 Kommutative Algebra

Modulcode	2615
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Batyrev, Hausen
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Reine Mathematik
Voraussetzungen	Grundvorlesungen
Inhalt	Noethersche Ringe und Moduln, Hilbertscher Nullstellensatz, Affine Varietaeten, Lokalisierung, lokale Ringe, Dimensionstheorie, ganze Ringerweiterungen, Cohen-Seidenberg Sätze, Normalitaet, Regularitaet, Diskrete Bewertungsringe
Literatur (exemplarisch)	M.F. Atiyah, I.G. Macdonald: Introduction to Commutative Algebra, 1969. D. Cox, J. Little, D. O'Shea: Ideals, Varieties and Algorithms (An Introduction to Computational Algebraic Geometry and Commutative Algebra), Springer 1997. D. Eisenbud: Commutative Algebra with a View Toward Algebraic Geometry, Springer 1995. E. Kunz: Einführung in die kommutative Algebra und algebraische Geometrie, Vieweg 1980. M. Reid: Undergraduate Commutative Algebra, Cambridge University Press 1995.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.21 Lie-Gruppen

Modulcode	2675
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übung
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Deitmar, H. Markwig
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Reine Mathematik
Voraussetzungen	Einführung in Mannigfaltigkeiten
Inhalt	Lie-Gruppen und Lie-Algebren, Wurzelsysteme, Dynkin-Diagramme und die Klassifikation der einfachen Lie-Algebren. Darstellungen, Gewichte, Höchstgewichtstheorie. Glatte Operationen, homogene Räume.
Literatur (exemplarisch)	Humphreys, J.: Introduction to Lie algebras and representation theory. Second printing, revised. Graduate Texts in Mathematics, 9. Springer-Verlag, New York-Berlin, 1978. Serre, J.-P.: Lie algebras and Lie groups. Lectures given at Harvard University, 1964 W. A. Benjamin, Inc., New York-Amsterdam 1965 F. Warner: Foundations of Differentiable Manifolds and Lie Groups, Springer Verlag.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.22 Lineare Partielle Differentialgleichungen

Modulcode	2705
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Schätzle
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Reine Mathematik
Voraussetzungen	Grundvorlesungen
Inhalt	Harmonische Funktionen, Maximumprinzipien, Sobolev-Räume, L^2-Theorie, Schauder-Abschätzungen, Calderon-Zygmund-Abschätzungen, Harnack-Ungleichungen, Hölder-Regularität.
Literatur (exemplarisch)	L.C. Evans: Partial Differential Equations. D. Gilbarg, N.S. Trudinger: Elliptic Partial Differential Equations of Second Order. O.A. Ladyzenskaja, N.N. Uralceva: Linear and Quasilinear Elliptic Equations.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.23 Mathematische Physik: klassische Mechanik

Modulcode	2735
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Hainzl, Loose, Teufel
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Angewandte Mathematik
Voraussetzungen	Grundvorlesungen
Inhalt	Differentialgeometrische Grundlagen, Symplektische Geometrie, Hamiltonsche Systeme Fakultativ: Störungstheorie und KAM-Theorie, oder eine Einführung in die Statistische Physik
Literatur (exemplarisch)	V.I. Arnol'd: Mathematical Methods of Classical Mechanics. H-O. Georgii: Gibbs Measures and Phase Transitions (1988)
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.24 Mathematische Physik: Quantenmechanik

Modulcode	2765
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Teufel
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 6. Semester
Prüfungsgebiet	Angewandte Mathematik
Voraussetzungen	Mathematische Physik: Klassische Mechanik
Inhalt	Quantenmechanik: Schrödingergleichung, Fouriertransformation, Theorie selbstadjungierter Erweiterungen, Spektralsatz, Spektraltheorie Fakultativ: Asymptotik großer Zeiten (Streutheorie) oder Asymptotik kleiner Wellenlängen (Semiklassik)
Literatur (exemplarisch)	M. Reed, B. Simon: Functional Analysis (1980). J. Derezinski, C. Gerard: Scattering theory of classical and quantum N- particle systems (1997).
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.25 Mathematische Statistik

Modulcode	2795
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Möhle, Zerner
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Angewandte Mathematik
Voraussetzungen	Analysis 3, Stochastik
Inhalt	Statistische Modelle, Exponentialfamilien, Schätzmethoden, Substitutions-Prinzipien, Asymptotik von Schätzern, Hypothesentests, Neyman-Pearson Lemma, Satz von Pearson, Klassen mit isotonen Dichtequotienten, Suffizienz, Rao-Blackwell, Vollständigkeit, Lehmann- Scheffe, Fisher Information und Cramer-Rao, Regression und Varianzanalyse, sequentielle Tests, Bootstrap, nichtparametrische Modelle, Bayes'sche Statistik.
Literatur (exemplarisch)	E.L. Lehmann: Testing Statistical Hypotheses, Wiley, 1959. E.L. Lehmann.: Theory of Point Estimation, Wiley, 1983. D. Meintrup, S. Schäffler: Stochastik, Springer, 2005. H. Pruscha: Vorlesungen über Mathematische Statistik, Teubner 2000. H. Witting: Mathematische Statistik, Teubner, 1966, Taschenbuch. H. Witting: Mathematische Statistik, 2 Bände, Teubner, 1999.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.26 Nichtlineare Funktionalanalysis

Modulcode	2855
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Schätzle
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Reine Mathematik
Voraussetzungen	Grundvorlesungen
Inhalt	Differentiation und Integration in Banachräumen, kompakte, koerzive, eigentliche Abbildung und Gradientenabbildungen, Fredholmabbildungen, Kontinuitätsmethode, Abbildungsgrad, Fixpunktsätze, Variationsungleichungen und monotone Operatoren.
Literatur (exemplarisch)	H.W. Alt: Funktionalanalysis II, Vorlesungsmitschrift Universität Bonn. M. Berger: Nonlinearity in Functional Analysis. K. Deimling: Nonlinear Functional Analysis. E. Zeidler: Nonlinear Functional Analysis and its Applications I. Fixed-Point Theorems.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.27 Nichtlineare partielle Differentialgleichungen

Modulcode	2885
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Schätzle
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Reine Mathematik
Voraussetzungen	Grundvorlesungen, Lineare partielle Differentialgleichungen
Inhalt	Viskositätslösungen, Existenz von Lösungen nach Perron, Alexandroff-Maximumprnzip, Harnack-Ungleichung, Hölder-Regularität, Satz von Evans-Krylov, $W^{2,p}-$Abschätzungen, $C^{2,\alpha}-$Abschätzungen.
Literatur (exemplarisch)	Caffarelli, L.A., Cabre, X.: Fully Nonlinear Elliptic equations, Caffarelli, L.A., Crandall, M.G., Kocan, M., Swiech, A.: On viscosity solutions of fully nonlinear equations with measurable ingredients, Communications on Pure and Applied Mathematics 49, No. 4, pp. 365-397, (1996). Crandall, M.G., Ishii, H., Lions, P.-L.: User's Guide to Viscosity Solutions of second Order Partial Differential Equations, Bulletin of the American Mathematical Society 27, No. 1, pp. 1-67, (1992). Gilbarg, D., Trudinger, N.S.: Elliptic Partial Differential Equations of Second Order, Springer Verlag, 3.Auflage, 1998, Berlin - Heidelberg - New York - Tokyo.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.28 Numerik instationärer Differentialgleichungen

Modulcode	2915
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinatoren	Lubich, Prohl
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Angewandte Mathematik
Voraussetzungen	Numerik; vorteilhaft: Numerik stationärer Differentialgleichungen
Inhalt	Numerische Behandlung instationärer (d.h., zeitabhängiger) Differentialgleichungen, etwa: steife gewöhnliche Differentialgleichungen, stochastische Differentialgleichungen, parabolische und hyperbolische partielle Differentialgleichungen
Literatur (exemplarisch)	E. Hairer, G. Wanner: Solving Ordinary Differential Equations II. Stiff Problems. Springer, 2. Aufl. 1996 V. Thomée: Galerkin Finite Element Methods for Parabolic Problems, Springer, 1997.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.29 Numerik stationärer Differentialgleichungen

Modulcode	2945
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinatoren	Lubich, Prohl
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Angewandte Mathematik
Voraussetzungen	Einführung in die Numerische Mathematik
Inhalt	Numerische Behandlung von Randwertproblemen stationärer (d.h., zeitunabhängiger) gewöhnlicher und elliptischer partieller Differentialgleichungen, schwerpunktmäßig Verfahren der finiten Elemente
Literatur (exemplarisch)	D. Braess: Finite Elemente, Springer, 4. Aufl. 2007 W. Hackbusch: Theorie und Numerik elliptischer Differentialgleichunge, Teubner, 1986
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.30 Operatorentheorie

Modulcode	2975
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std. Vorlesung, 2 Std. Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Nagel, Schlotterbeck
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Reine Mathematik
Voraussetzungen	Grundvorlesungen
Inhalt	Inhalt: Operatorhalbgruppen und abstrakte Cauchyprobleme. Satz von Hille-Yosida. Anwendungen auf konkrete Evolutionsgleichungen. Operatoralgebren und ihre Darstellungen. Satz von Gelfand und GNS-Konstruktion. Von Neumann-Algebren. Automorphismengruppen auf Operatoralgebren.
Literatur (exemplarisch)	Literatur: K.J. Engel, R. Nagel: One-parameter Semigroups for Linear Evolution Equations. Springer-Verlag 2000. K.J. Engel, R. Nagel: A Short Course on Operator Semigroups. Springer-Verlag 2006. B. Blackadar: Operator Algebras. Springer-Verlag 2006. G. Pedersen: Analysis Now. Springer-Verlag 1995.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.31 Riemannsche Flächen

Modulcode	3005
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Batyrev, Bohle, Hausen, Loose, H. Markwig
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Reine Mathematik
Voraussetzungen	Funktionentheorie und Einführung in Mannigfaltigkeiten
Inhalt	Holomorphe Vektorbündel, holomorphe Schnitte spezieller Bündel, Serre Dualität, Satz von Riemann-Roch, Satz von Mittag-Leffler, Kodaira Einbettung, holomorphe und meromorphe Zusammenhänge, Monodromie, Modulraum von holomorphen Bündeln, Jacobivarietät, Thetafunktionen, algebraisch-geometrisch vollstaändig integrable Systeme
Literatur (exemplarisch)	Griffiths, P.; Harris, J.: Principles of algebraic geometry. Reprint of the 1978 original. Wiley Classics Library. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1994. Jost, Jürgen Compact Riemann surfaces. An introduction to contemporary mathematics. Third edition. Universitext. Springer-Verlag, Berlin, 2006.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.32 Riemannsche Geometrie

Modulcode	3035
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Bohle, Loose, H. Markwig
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Reine Mathematik
Voraussetzungen	Einführung in Mannigfaltigkeiten
Inhalt	Riemannsche Mannigfaltigkeiten, Riemansche Krümmung, Geodätische, Satz von Hopf und Rinow, Jacobigleichung, Vergleichsätze, Minimale Untermannigfaltigkeiten, Variationsprobleme, Spinbündel, Diracoperatoren, Weizenböck Formeln
Literatur (exemplarisch)	do Carmo, M.: Riemannian geometry. Translated from the second Portuguese edition by Francis Flaherty. Mathematics: Theory & Applications. Birkhäuser Boston, Inc., Boston, MA, 1992.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.33 Stochastische Prozesse

Modulcode	3065
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Möhle, Zerner
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Angewandte und Reine Mathematik
Voraussetzungen	Analysis 3, Stochastik, Wahrscheinlichkeitstheorie
Inhalt	Brownsche Bewegung und andere stochastische Prozesse in stetiger Zeit, z.B. Martingale, Gauß-, Lévy-, Markov-, und Poissonprozesse; Pfadeigenschaften, Invarianzprinzipien, unendlich teilbare Verteilungen, Itô-Integral bzgl. Brownscher Bewegung, Itô-Formel
Literatur (exemplarisch)	J.L. Doob: Stochastic Processes. Wiley S. Karlin, H. Taylor: A First (Second) Course in Stochastic Processes, Academic Press H. Bauer: Wahrscheinlichkeitstheorie, de Gruyter, 2001. A. Klenke: Wahrscheinlichkeitstheorie, Springer.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.34 Symplektische Geometrie

Modulcode	3095
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Bohle, Loose, H. Markwig
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Reine Mathematik
Voraussetzungen	Einführung in Mannigfaltigkeiten
Inhalt	Symplektische, Poisson und Kontakt Mannigfaltigkeiten,Lagrangesche und Legendresche Untermannigfaltigkeiten, Hamiltonsche und integrable Systeme, Satz von Arnoldt, holomorphe Kurven, symplektische Invarianten
Literatur (exemplarisch)	Hofer, H.; Zehnder, Eduard Symplectic invariants and Hamiltonian dynamics. Birkhäuser Advanced Texts: Basler Lehrbücher. [Birkhäuser Advanced Texts: Basel Textbooks] Birkhäuser Verlag, Basel, 1994. McDuff, D.; Salamon, D.: Introduction to symplectic topology. Second edition. Oxford Mathematical Monographs. The Clarendon Press, Oxford University Press, New York, 1998.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.35 Variationsrechnung

Modulcode	3125
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Schätzle
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Reine Mathematik
Voraussetzungen	Grundvorlesungen
Inhalt	Reflexive Räume und schwache Kompaktheit, Sobolev-Räume, Sobolevsche Einbettungssätze, Kondrachovscher Kompaktheitssatz. Direkte Methoden in der Variationsrechnung: Schwache unterhalbstetige und koerzive Funktionale, Konzentrierte Kompaktheit Prinzip, Ekelandsches Variationsprinzip. Minimax-Methoden: Palais Smale Bedingung, Deformationslemma, Mountain-Pass, Linking. Grenzfälle der Palais-Smale Bedingung und das Yamabe-Problem.
Literatur (exemplarisch)	M. Struwe: Variational Methods: Applications to nonlinear partial differential equations and Hamiltonian Systems. L.C. Evans: Weak convergenze methods for nonlinear partial differential equations. Voraussetzungen
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.36 Variationsmethoden

Modulcode	3155
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Schätzle
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Reine Mathematik
Voraussetzungen	Variationsrechnung
Inhalt	Pseudo-gradient Vektorfeld und Deformationslemma, kritische Gruppen und Morsesche Ungleichungen, Gromoll-Meyer Theorie, Kritische-Punkte-Theorie: Topologische Link, Morseindex für minimaxe kritische Punkte, Uhlenbecksche Störungstheorie, Anwendungen auf semilineare elliptische partielle Differentialgleichungen, Anwendungen auf harmonische Abbildungen und minimalen Flächen: Harmonische Abbildungen und Wärmefluss, Morsesche Ungleichungen, Existenz und Vielfachheit der harmonischen Abbildungen, Plateau-Problem für Minimalflächen.
Literatur (exemplarisch)	K.C. Chang: Infinite Dimensial Morse Theory and Multiple Solution Problems. M. Struwe: Variational Methods: Applications to nonlinear partial differential equations and Hamiltonian Systems.
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.37 Wahrscheinlichkeitstheorie

Modulcode	3185
ECTS-Punkte	10
Semesterwochenstunden	4 Std Vorlesung, 2 Std Übungsgruppe
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	Möhle, Zerner
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Prüfungsgebiet	Angewandte und Reine Mathematik
Voraussetzungen	Analysis 3, Stochastik
Inhalt	Markovketten, Stoppzeiten, bedingte Erwartungswerte, (Super- und Sub-)Martingale, Stationarität, Ergodizität, erzeugende Funktionen und Fourier-Transformation, schwache Konvergenz und Kompaktheit, Punktprozesse, Poissonprozesse. Weitere maßtheoretische Grundlagen.
Literatur (exemplarisch)	R.Durrett: Probability: Theory and Examples. 3rd edition, Duxbury. J. Jacod, P. Protter: Probability Essentials, Springer, 2002. A. Klenke: Wahrscheinlichkeitstheorie, Springer. D. Meintrup, S. Schäffler: Stochastik, Springer, 2005. A.N. Shiryaev: Probability. 2nd edition, Springer J. Wengenroth: Wahrscheinlichkeitstheorie. de Gruyter, 2008
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten)

4.38 Ausgewählte Themen der Mathematik

Modulcode	3215, 3220, 3230, 3255
ECTS-Punkte	10, 7, 6 oder 4
Semesterwochenstunden	4+2, 4, 2+2, 2+1 oder 2
Moduldauer	1 Semester
Turnus	je nach Angebot des Fachbereichs
Koordinator(en)	alle Dozenten des Fachbereichs
Einordnung	Wahlpflichtveranstaltung ab dem 5. Semester
Voraussetzungen	Grundvorlesungen
Inhalt	wird im Vorlesungsverzeichnis festgelegt
Literatur (exemplarisch)	wird im Vorlesungsverzeichnis festgelegt
Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung: Übungsschein als Prüfungsvoraussetzung, sofern Übungen angeboten werden. Prüfungsleistung: je nach Teilnehmerzahl schriftlich (90-180 Minuten) oder mündlich (20-30 Minuten).

5 ECTS-Punkte

ECTS-Punkte
30 h = 1 Punkt, bei 15 Wochen pro Semester also 2SWS = 1 Punkt

4+2:	Vorlesung und Übung	6 SWS	macht 9 +1 = 10 Punkte
	Vor/Nachbereitung	4 SWS	
	Übungsaufgaben	8 SWS	
	Klausurvorbereitung	30h	

2+2:	Vorlesung und Übung	4 SWS	macht 6+1 = 7 Punkte
	Vor/Nachbereitung	2 SWS	
	Übungsaufgaben	6 SWS	
	Klausurvorbereitung	30h	

2+1:	Vorlesung und Übung	3 SWS	macht 5+1 = 6 Punkte
	Vor/Nachbereitung	2 SWS	
	Übungsaufgaben	5 SWS	
	Klausurvorbereitung	30h	

2 :	Vorlesung	2 SWS	macht 3+1 = 4 Punkte
	Vor/Nachber., Aufg.	4 SWS	
	Klausurvorbereitung	30h	

4 :	Vorlesung	4 SWS	macht 6+1 = 7 Punkte
	Vor/Nachbereitung	8 SWS	
	Klausurvorbereitung	30h	

(Pro)Seminar	Anwesenheit	2 SWS	= 2+2 = 4 Punkte
	Vor/Nachbereitung	2 SWS	
	Vorbereitung vor Semesterbeginn	20h	
	Vortragserarbeitung	30h	
	TeXen des Vortrags	10h	