

Modulhandbuch

Mathematik-Informatik

Studienmodule der
Bachelor- und Master of Science-Studiengänge
Mathematik-Informatik

Fachbereich 08, Physik, Mathematik und Informatik
Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Stand 12.06.2024

INSTITUT FÜR
MATHEMATIK



Institut für
Informatik



JG|U
JOHANNES GUTENBERG
UNIVERSITÄT MAINZ

Inhaltsverzeichnis

1 Wahlfachmodule der Mathematik und Informatik	5
Wahlpflicht-Vertiefungsmodul WPV	5
Abschlussmodul B. Sc. Mathematik-Informatik (BSc MI)	7
Abschlussmodul M. Sc. Mathematik-Informatik (MSc MI)	8
2 Mathematik-Module	10
Pflicht- und Wahlpflichtmodule des Bachelor of Science Mathematik-Informatik....	10
Lineare Algebra und Geometrie 01	10
Lineare Algebra und Geometrie 2	11
Analysis 01	12
Analysis 2	13
Analysis 3	15
Grundlagen der Stochastik	16
Grundlagen der Numerik	17
Seminarmodul MI BSc	18
Aufbaumodule des Bachelor und Master of Science Mathematik-Informatik	20
Algebra 1	21
Algebra 2	23
Computeralgebra	24
Algebraische Kurven und Riemannsche Flächen	25
Funktionentheorie	26
Topologie	27
Zahlentheorie	28
Einführung in die Funktionalanalysis	29
Elementare Differentialgeometrie und Mannigfaltigkeiten	30
Grundlagen der partiellen Differentialgleichungen	31
Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen	32
Stochastik I	33
Probability Theory I	33
Hauptseminarmodul des Master of Science Mathematik-Informatik	34
Hauptseminarmodul	34
Ergänzungsmodule des Master of Science Mathematik-Informatik.....	35
Ergänzungsmodul Algebra	35
Ergänzungsmodul Analysis	36
Ergänzungsmodul Numerische Mathematik	37
Complementary Module Numerical Mathematics	37
Ergänzungsmodul Stochastik	38
Ergänzungsmodul Geometrie	39
Ergänzungsmodul Hauptseminarmodul	40
Vertiefungsbereichmodule Mathematik des M.Sc.-Studiengangs	41
Vertiefungsbereich	42
Vertiefungsmodul Wissenschaftliches Rechnen	44
Scientific Computing	44
Vertiefungszyklen	45
Vertiefungszyklus Algebraische Geometrie	45
Modul AG1	45
Algebraische Geometrie 1 Algebraic Geometry 1	45
Algebraische Geometrie 2	46
Vertiefungszyklus Algebraische Topologie	47

Algebraische Topologie 1	47
Algebraische Topologie 2	48
Vertiefungszyklus Algebraische Zahlentheorie.....	49
Algebraische Zahlentheorie 1	49
Algebraische Zahlentheorie 2	50
Vertiefungszyklus Funktionalanalysis	51
Funktionalanalysis 2	51
Funktionalanalysis 3	52
Vertiefungszyklus Partielle Differentialgleichungen	53
Partielle Differentialgleichungen 2	53
Partielle Differentialgleichungen 3	54
Vertiefungszyklus Differentialgeometrie.....	55
Differentialgeometrie 1	55
Differentialgeometrie 2	56
Vertiefungszyklus Stochastik	57
Stochastik 2	57
Stochastik 3	58
3 Informatik-Module	59
Pflichtmodule Informatik für den B.Sc. Studiengang	59
Einführung in die Programmierung	59
Einführung in die Softwareentwicklung	62
Datenbanken	64
Technische Grundlagen der Informatik	66
Formale Sprachen und Berechenbarkeit	67
Programmiersprachen	69
Komplexitätstheorie	71
Datenstrukturen und effiziente Algorithmen	73
Wahlpflichtmodule Informatik	75
Mathematische Modellierung am Rechner	75
Modellierung I (lineare Modelle)	77
Modellierung II (statistische Datenmodellierung)	79
Software Engineering	82
Wahlpflichtfach	84
A1 - Vertiefungsmodule Informatik	86
Fortgeschrittene Algorithmen	86
Algorithmen und Techniken der Optimierung	88
Machine Learning	90
Data Mining	92
High Performance Computing	94
Accelerated Computing with GPUs	96
Computergrafik 1	98
Computergrafik 2	100
Advanced Topics in Operating Systems	102
Datenbank-Engineering	105
Vertrauenswürdige Datenbanken / Blockchains	107
Big Data	109
Sprach- und Compilerbau	111
Programmanalyse	113
Strukturbasierte Bioinformatik	115
A2 - Spezialisierungsmodule Informatik	117
Einführung in die Computationale Logik	08.079.565 117
Kryptographie	118
Quanteninformatik für Informatiker	121

<i>Graphalgorithmen</i>	123
Nicht-Standard-Datenbanken	124
Betriebssysteme	125
Verteilte Systeme	127
Kommunikationsnetze	129
FPGA-Programmierung	131
IT-Sicherheit	133
Design Patterns	134
Projektmanagement	135
Künstliche Intelligenz	137
Einführung in die Bioinformatik	138
Mensch-Maschine-Interaktion	140
Numerische Algorithmen	141
Masterseminar	143
Legende	145

1 Wahlfachmodule der Mathematik und Informatik

Für die Abschlussmodule des Bachelor- und des Masterstudiengangs Mathematik-Informatik können die Fächer Mathematik oder Informatik gewählt werden. Ebenso für das Wahlpflicht-Vertiefungsmodul des Masterstudiengangs Mathematik-Informatik. Diese Wahlfachmodule sind hier aufgeführt.

Wahlpflicht-Vertiefungsmodul WPV

WPV	Wahlpflicht Vertiefungsmodul						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul Required Elective Qualifying Module						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	13 LP = 390 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	2 Semester						
Hier kann ein Vertiefungsmodul Informatik gewählt werden oder ein Vertiefungsmodul Mathematik. Wir stellen exemplarisch die Veranstaltungen der Informatik vor. Bei der Mathematik ist der Ablauf wie für Vertiefungsmodul Mathematik (Modul V).							
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte	
Vorlesung	V	1,2	P	2	69	3	
Übung	Ü	1,2	P	2	69	3	
Praktikum	P	2,3	P	2	99	4	
Hauptseminar	HS	2,3	P	2	69	3	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	Hauptseminar, Praktikum						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3						
Studienleistung(en)	Praktikum: Portfolio						
Modulprüfung	Vorlesung: Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (20 - 30 min)						
	Hauptseminar: Hausarbeit und Vortrag						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Entsprechend dem gewählten Vertiefungsmodul der Mathematik oder der Informatik							
Inhalte							
Entsprechend dem gewählten Vertiefungsmodul der Mathematik oder der Informatik							
Zugangsvoraussetzung(en)	Keine						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls							
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote							
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester						
Begründung der Anwesenheitspflicht							
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)						

Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	
Sonstiges	

Abschlussmodul B. Sc. Mathematik-Informatik (BSc MI)

Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Pflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	12 LP = 360 h				
Moduldauer	1 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:					
Anwesenheit	Keine				
Begründung der Anwesenheitspflicht					
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3				
Studienleistung(en)					
Modulprüfung(en)	Schriftliche Bachelorarbeit mit Abschlussprüfung (30-60 min). Die Note der Modulprüfung wird gemäß §17 Abs. 4 aus dem arithmetischen Mittel der Note der Bachelorarbeit und des Abschlusskolloquiums gebildet; dabei wird die Note der Bachelorarbeit und der Abschlussprüfung im Verhältnis 2:1 gewichtet.				
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen					
<p>Die Studierenden werden befähigt, unter Anleitung</p> <ul style="list-style-type: none"> • begrenzte wissenschaftliche Fragestellungen zu bearbeiten, • sich ggf. die dazu nötigen Algorithmen anzueignen, • die Ergebnisse schriftlich zusammenzufassen und • in einer mündlichen Abschlussprüfung (z. B. Kolloquium) zu verteidigen. <p>Die Studierenden lernen dabei</p> <ul style="list-style-type: none"> • ihre Zeit einzuteilen, in dem sie zunächst das „Projekt“ in Zusammenarbeit mit dem Betreuer entwerfen, die Fortschritte regelmäßig diskutieren und vortragen, die Ergebnisse dokumentieren und in einer 20-60 Seiten langen Arbeit niederschreiben. • Sie üben dabei, mathematische oder informatische Probleme, die zielorientiertes und logisch fundiertes Herangehen erfordern selbständig einzuordnen und durch Einsatz technischer, wissenschaftlicher und mathematischer Methoden zu analysieren bzw. zu lösen. • Im Laufe des Verfassens der Bachelorarbeit lernen die Studierenden einen wissenschaftlichen Text zu gliedern, korrekt zu bebildern und die Regeln des korrekten Zitierens zu beachten. <p>Die Arbeit kann in deutscher oder in englischer Sprache abgefasst werden.</p>					
Inhalte					
Entsprechend der vergebenen Themenstellung aus der Mathematik oder Informatik.					

Zugangsvoraussetzung(en)	Gem. §15 Abs. 4 der Prüfungsordnung (mindestens 120 LP) und Abschluss der Pflichtmodule
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Die Bachelorarbeit stellt üblicherweise die letzte Prüfungsleistung im Studium dar. Von daher sollten fast alle Studien- und Prüfungsleistungen erbracht sein.
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	30 LP
Häufigkeit des Angebots	
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science – Informatik

Abschlussmodul M. Sc. Mathematik-Informatik (MSc MI)

Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Pflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	33 LP = 990 h				
Moduldauer	1 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
mündliche Abschlussprüfung	Kolloq. für Exam. oder mündliche Prüfung	P		90 h	3
Masterarbeit	Projekt mit schriftlicher Ausarbeitung	P	1 SWS / 10.5 h	890 h	30
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:					
Anwesenheit	Keine				
Begründung der Anwesenheitspflicht					
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3				
Studienleistung(en)					
Modulprüfung(en)	a) Masterarbeit: schriftliche Ausarbeitung; b) Mündliche Abschlussprüfung: Präsentation der Ergebnisse als Vortrag (Länge ca. 15-30 min), mündliche Verteidigung und Beantwortung auch randständiger Fragen; max. Prüfungsdauer 45 - 60 min. Bei der Note wird die Masterarbeit mit 80% und die mündliche Prüfung mit 20% gewichtet.				
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen					

<p>Die Studierenden sind befähigt, ein Thema im von ihnen gewählten Spezialgebiet wissenschaftlich zu bearbeiten. Sie sind in der Lage in Form einer wissenschaftlichen Schrift (Masterarbeit) in der Lage, in dieses Thema einzuführen, ihre Ergebnisse zu schildern und zu dokumentieren und sie im Lichte der relevanten Literatur zu interpretieren und zu diskutieren. Sie sind außerdem befähigt, ihre Masterarbeit als wissenschaftlichen Vortrag zu präsentieren und zu verteidigen und dabei auch Fragen zum Thema sowie zu Randgebieten zu beantworten (Abschlussprüfung).</p> <p>Die Arbeit kann in deutscher oder englischer Sprache abgefasst werden.</p>	
Inhalte	
Zugangsvoraussetzung(en)	Gemäß § 15(4) der Prüfungsordnung mindestens 50 LP aus den Wahlpflichtmodulen. Im Falle der Informatik: erfolgreicher Abschluss des Masterseminars
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Im Falle einer Masterarbeit in Mathematik: Vertiefungsmodul und Hauptseminar Mathematik.
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch oder Englisch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	33 LP
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Alle Dozenten
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Master of Science - Naturwissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Informatik

2 Mathematik-Module

Pflicht- und Wahlpflichtmodule des Bachelor of Science Mathematik-Informatik

Modul LAG 01	Lineare Algebra und Geometrie 01 <i>[Linear Algebra and Geometry 01]</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Pflichtmodul						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	9 LP = 270 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte	
Vorlesung	V	1	P	4	138	6	
Übung	Ü	1	P	2	69	3	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	Anwesenheit – besonders in den Übungen – wird dringend empfohlen.						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3, in der Regel semesterbegleitende Übungsaufgaben						
Studienleistung(en)							
Modulprüfung	Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (20 - 30 min)						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
<p>In dieser Lehrveranstaltung erwerben die Studierenden ein grundlegendes Verständnis der elementaren Begriffe, Konzepte und Methoden der Linearen Algebra. Nach erfolgreichem Absolvieren des Moduls können Studierende in diesem Bereich ...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definitionen, Begriffe, Aussagen und einfache Beweise wiedergeben. • mathematische Strukturen erkennen und benennen, und geeignete Notation verwenden. • Rechenverfahren routiniert durchführen und das Resultat durch Kontrollverfahren überprüfen. • bekannte Lösungsverfahren auf einfache Problemstellungen anwenden, und auf ähnliche Fragestellungen übertragen. • mathematische Hilfsmittel und Werkzeuge sachgerecht auswählen und flexibel einsetzen <p>Durch regelmäßige und aktive Teilnahme an den Übungen werden noch überfachliche Kompetenzen geschult. Studierende können ...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhänge und Strukturen erkennen und Vermutungen zu mathematischen Fragestellungen aufstellen, Beispiele oder Gegenbeispiele für mathematische Aussagen verstehen und finden, Fehler erkennen, beschreiben und korrigieren, die Plausibilität von Vermutungen begründen, Routineargumentationen wiedergeben, Begründungen nachvollziehen und zunehmend selbstständig entwickeln • Aufgaben gemeinsam bearbeiten und sich über die mathematischen Zusammenhänge in mathematischer Fachsprache präzise mündlich und schriftlich austauschen. • eigene Problembearbeitungen in mathematischer Fachsprache und Notation niederschreiben und präsentieren. • eigene Vorgehensweisen und Einsichten erläutern, Lösungswege anderer nachvollziehen und gemeinsam analysieren 							
Inhalte							
<ul style="list-style-type: none"> • Grundlegende mathematische Strukturen, Ausdrucks- und Schlussweisen: naive Mengenlehre, Produkt, Abbildungen, Relationen, Zahlenbereiche, Gruppen, Körper, Polynomring, Aussagenlogik, Beweismethoden. • Lineare Gleichungssysteme: Struktur der Lösungsmengen, Gaußelimination, Matrizenkalkül, • Grundbegriffe der Geometrie im 2- und 3-dimensionalen Anschauungsraum: Abstand, Winkel, Skalarprodukt, Orthogonalität, Kreuzprodukt, Lineare Abbildungen, Drehung, Spiegelung 							

<ul style="list-style-type: none"> • Vektorräume und Lineare Abbildungen: Lineare Unabhängigkeit, Basis und Dimension, Untervektorräume, (direkte) Summe und Quotientenvektorräume, Kern, Bild und Rang, Dimensionsformel, Matrixdarstellung linearer Abbildungen, Basiswechsel, inverse Abbildung • Determinanten Definition und Eigenschaften, Cramersche Regel 	
Zugangsvoraussetzung(en)	Keine
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Teilnahme am mathematischen Vorkurs wird dringend empfohlen.
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester
Begründung der Anwesenheitspflicht	
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	B. Ed. Mathematik, B. Sc. Mathematik, B. Sc. Informatik, B. Sc. Physik
Sonstiges	

Modul LAG2		Lineare Algebra und Geometrie 2 <i>Linear Algebra and Geometry 2</i>					[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Pflichtmodul						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	9 LP = 270 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte	
Vorlesung	V	2	P	4	138	6	
Übung	Ü	2	P	2	69	3	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	Anwesenheit – besonders in den Übungen – wird dringend empfohlen.						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3, in der Regel semesterbegleitende Übungsaufgaben						
Studienleistung(en)							
Modulprüfung	Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (20 - 30 min)						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
<p>In dieser Lehrveranstaltung erwerben die Studierenden ein grundlegendes Verständnis der Begriffe, Konzepte und Methoden der Linearen Algebra. Nach erfolgreichem Absolvieren des Moduls können Studierende in diesem Bereich</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definitionen, Begriffe, Aussagen und einfache Beweise wiedergeben. • mathematische Strukturen erkennen und benennen, und geeignete Notation verwenden und entwickeln. • Rechenverfahren routiniert durchführen und das Resultat durch Kontrollverfahren überprüfen. • bekannte Lösungsverfahren auf Problemstellungen anwenden und auf ähnliche Fragestellungen übertragen. • mathematische Hilfsmittel und Werkzeuge sachgerecht auswählen und flexibel einsetzen • Lösungsstrategien zu Problemstellungen entwickeln und umsetzen, und heuristische Methoden zum Problemlösen anwenden • sicher und kritisch über die Themen der linearen Algebra in mathematischer Fachsprache präzise kommunizieren. • Begriffe und Methoden in Zusammenhang bringen und kritisch beleuchten. • die zentralen Strukturen und wichtigsten Sätze des Gebiets benennen und deren Beweise erläutern und zusammenfassen. 							

<p>Durch regelmäßige und aktive Teilnahme an den Übungen werden noch überfachliche Kompetenzen geschult. Studierende können ...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhänge und Strukturen erkennen und Vermutungen zu mathematischen Situationen aufstellen, Beispiele oder Gegenbeispiele für mathematische Aussagen finden, Fehler erkennen, beschreiben und korrigieren, die Plausibilität von Vermutungen begründen, Routineargumentationen wiedergeben, Begründungen nachvollziehen und zunehmend selbstständig entwickeln • Aufgaben gemeinsam bearbeiten und sich über die mathematischen Zusammenhänge in mathematischer Fachsprache präzise mündlich und schriftlich austauschen. • eigene Problembearbeitung in mathematischer Fachsprache und Notation niederschreiben und präsentieren. • eigene Vorgehensweisen und Einsichten erläutern, Lösungswege anderer nachvollziehen und gemeinsam analysieren 	
Inhalte	
<ul style="list-style-type: none"> • Eigenwerttheorie: Eigenwerte, Diagonalisierbarkeit und Trigonalisierbarkeit, Satz von Cayley Hamilton, Jordansche Normalform. • Skalarprodukträume: Euklidische und hermitesche Vektorräume, Orthonormalbasen, Orthogonalisierungsverfahren, orthogonale, unitäre und normale Abbildungen und Matrizen, Spektralsätze. • Bilinearformen und Quadriken: Quadratische Formen und Bilinearformen, Hauptachsentransformation, Quadriken • Elementare Algebra: Teilbarkeits-theorie in \mathbb{Z} und Polynomring, Euklidischer Algorithmus, Einsetzungshomomorphismus, Untergruppe, Satz von Lagrange, Klassische Gruppen • Optionale Themen: multilineare Algebra, Struktursatz von Moduln über einem Hauptidealbereich, Anfänge der Gruppentheorie. 	
Zugangsvoraussetzung(en)	Lineare Algebra 01
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester
Begründung der Anwesenheitspflicht	
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	B. Sc. Mathematik
Sonstiges	Das hier gewählte Aufbaumodul kann nicht an anderer Stelle des Bachelorstudiengangs eingebracht werden.

Modul ANA 01	Analysis 01 <i>Analysis 01</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Pflichtmodul						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	9 LP = 270 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte	
Vorlesung	V	1	P	4	138	6	
Übung	Ü	1	P	2	69	3	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	Anwesenheit – besonders in den Übungen – wird dringend empfohlen.						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3, in der Regel semesterbegleitende Übungsaufgaben						

Studienleistung(en)	
Modulprüfung	Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (20 - 30 min)
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen	
<p>In dieser Lehrveranstaltung erwerben die Studierenden ein grundlegendes Verständnis der elementaren Begriffe, Konzepte und Methoden der Analysis in einer Veränderlichen als Fundament für die weiteren fachwissenschaftlichen Studien. Nach erfolgreichem Absolvieren des Moduls können Studierende in diesem Bereich ...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definitionen, Begriffe, Aussagen und einfache Beweise wiedergeben. • mathematische Strukturen erkennen und benennen, und geeignete Notation verwenden. • Rechenverfahren routiniert durchführen und das Resultat durch Kontrollverfahren überprüfen. • bekannte Lösungsverfahren auf einfache Problemstellungen anwenden, und auf ähnliche Fragestellungen übertragen. • mathematische Hilfsmittel und Werkzeuge sachgerecht auswählen und flexibel einsetzen <p>Durch regelmäßige und aktive Teilnahme an den Übungen werden noch überfachliche Kompetenzen geschult. Studierende können ...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhänge und Strukturen erkennen und Vermutungen zu mathematischen Situationen aufstellen, Beispiele oder Gegenbeispiele für mathematische Aussagen verstehen und finden, Fehler erkennen, beschreiben und korrigieren, die Plausibilität von Vermutungen begründen, Routineargumentationen wiedergeben, Begründungen nachvollziehen und zunehmend selbstständig entwickeln • Aufgaben gemeinsam bearbeiten und sich über die mathematischen Zusammenhänge in mathematischer Fachsprache präzise mündlich und schriftlich austauschen. • eigene Problembearbeitungen in mathematischer Fachsprache und Notation niederschreiben und präsentieren. • eigene Vorgehensweisen und Einsichten erläutern, Lösungswege anderer nachvollziehen und gemeinsam analysieren 	
Inhalte	
<ul style="list-style-type: none"> • reelle Zahlen als angeordneter Körper, Abzählbarkeit und Überabzählbarkeit, Vollständigkeit von \mathbb{R} • Konvergente und divergente Folgen und Reihen in \mathbb{C}, Cauchyfolgen • Elementare Funktionen (z.B. sin, cos, log, exp, sinh, cosh), Umkehrfunktionen • Stetigkeit, gleichmäßige Stetigkeit, Maxima und Minima, Zwischenwertsatz • Funktionenfolgen und Funktionenreihen, punktweise und gleichmäßige Konvergenz, Weierstraßscher Majorantentest • Differenzierbarkeit in \mathbb{R}, Mittelwertsatz, Taylorsche Formel, Taylorreihe, Restgliedabschätzung, lokale Extrema, Differentiation und Limesbildung • Riemannsches Integral in \mathbb{R}, elementare Integrationsmethoden, Mittelwertsatz, Fundamentalsatz der Differential- und Integralrechnung, Integration und Limesbildung 	
Zugangsvoraussetzung(en)	Keine
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Die Teilnahme am mathematischen Vorkurs wird dringend empfohlen.
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester
Begründung der Anwesenheitspflicht	
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	B. Sc. Mathematik, B. Ed. Mathematik, B. Sc. Informatik, B. Sc. Physik
Sonstiges	

Modul ANA2	Analysis 2 <i>Analysis 2</i>	[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Pflichtmodul	
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	9 LP = 270 h	

Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)		1 Semester				
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtun gsgrad	Kontaktzei t (SWS)	Selbststudi um	Leistungsp unkte
Vorlesung	V	2	P	4	138	6
Übung	Ü	2	P	2	69	3
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit	Anwesenheit – besonders in den Übungen – wird dringend empfohlen.					
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3, in der Regel semesterbegleitende Übungsaufgaben					
Studienleistung(en)						
Modulprüfung	Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (20 - 30 min)					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
<p>In dieser Lehrveranstaltung erwerben die Studierenden ein grundlegendes Verständnis der Begriffe, Konzepte und Methoden der Analysis in mehreren Veränderlichen. Nach erfolgreichem Absolvieren des Moduls können Studierende in diesem Bereich</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definitionen, Begriffe, Aussagen und einfache Beweise wiedergeben. • mathematische Strukturen erkennen und benennen, und geeignete Notation verwenden und entwickeln. • Rechenverfahren routiniert durchführen und das Resultat durch Kontrollverfahren überprüfen. • bekannte Lösungsverfahren auf Problemstellungen anwenden, und auf ähnliche Fragestellungen übertragen. • mathematische Hilfsmittel und Werkzeuge sachgerecht auswählen und flexibel einsetzen • Lösungsstrategien zu Problemstellungen entwickeln und umsetzen, und heuristische Methoden zum Problemlösen anwenden • sicher und kritisch über die Themen der Analysis in mathematischer Fachsprache präzise kommunizieren. • Begriffe und Methoden in Zusammenhang bringen und kritisch beleuchten. • die zentralen Strukturen und wichtigsten Sätze des Gebiets benennen und deren Beweise erläutern und zusammenfassen. <p>Durch regelmäßige und aktive Teilnahme an den Übungen werden noch überfachliche Kompetenzen geschult. Studierende können ...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhänge und Strukturen erkennen und Vermutungen zu mathematischen Situationen aufstellen, Beispiele oder Gegenbeispiele für mathematische Aussagen finden, Fehler erkennen, beschreiben und korrigieren, die Plausibilität von Vermutungen begründen, Routineargumentationen wiedergeben, Begründungen nachvollziehen und zunehmend selbstständig entwickeln • Aufgaben gemeinsam bearbeiten und sich über die mathematischen Zusammenhänge in mathematischer Fachsprache präzise mündlich und schriftlich austauschen. • eigene Problembearbeitung in mathematischer Fachsprache und Notation niederschreiben und präsentieren. • eigene Vorgehensweisen und Einsichten erläutern, Lösungswege anderer nachvollziehen und gemeinsam analysieren 						
Inhalte						
<ul style="list-style-type: none"> • Elementare topologische Begriffe des \mathbb{R}^n und metrischer Räume, Kompaktheit metrischer Räume, Satz von Heine-Borel • Stetigkeit von Funktionen auf metrischen Räumen und Differenzierbarkeit von Funktionen im \mathbb{R}^n, • Kurven im \mathbb{R}^n, Länge von Kurven • Taylorformel, Extremwertaufgaben; • implizite Funktionen, Untermannigfaltigkeiten, Tangentialräume von Untermannigfaltigkeiten, Satz vom regulären Wert, differenzierbare Funktionen auf Flächen, Lagrangemultiplikatoren; • Einführung in die gewöhnlichen Differentialgleichungen, Elementare Lösungsmethoden • Überführen von Gleichungen höherer Ordnung in Systeme erster Ordnung; • Existenz- und Eindeigkeitssätze für Anfangswertprobleme; • Lineare Differentialgleichungen und –systeme. 						
Zugangsvoraussetzung(en)				Analysis 01		
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls				Lineare Algebra 01		

Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester
Begründung der Anwesenheitspflicht	
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	B. Sc. Mathematik, B. Ed. Mathematik, B. Sc. Informatik, B. Sc. Physik
Sonstiges	

ANA3	Analysis 3 <i>Analysis 3</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	9 LP = 270 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte	
Vorlesung	V	4 (3)	WP	4	138	6	
Übung	Ü	4 (3)	WP	2	69	3	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	Anwesenheit – besonders in den Übungen – wird dringend empfohlen.						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3, in der Regel semesterbegleitende Übungsaufgaben						
Studienleistung(en)							
Modulprüfung	Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (20 - 30 min)						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
<p>In dieser Lehrveranstaltung erwerben die Studierenden ein grundlegendes Verständnis der Begriffe, Konzepte und Methoden der Lesbequeschen Maß- und Integraltheorie, und der Theorie der Differentialformen auf Untermannigfaltigkeiten des \mathbb{R}^n. Nach erfolgreichem Absolvieren des Moduls können Studierende in diesem Bereich</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definitionen, Begriffe, Aussagen und einfache Beweise wiedergeben. • mathematische Strukturen erkennen und benennen, und geeignete Notation verwenden und entwickeln. • Lösungsverfahren auf Problemstellungen anwenden, und auf ähnliche Fragestellungen übertragen. • mathematische Hilfsmittel und Werkzeuge sachgerecht auswählen und flexibel einsetzen • Lösungsstrategien zu Problemstellungen entwickeln und umsetzen, und heuristische Methoden zum Problemlösen anwenden • Begriffe und Methoden in Zusammenhang bringen und kritisch beleuchten. • die zentralen Strukturen und wichtigsten Sätze des Gebiets benennen und deren Beweise erläutern und zusammenfassen. <p>Durch regelmäßige und aktive Teilnahme an den Übungen werden noch überfachliche Kompetenzen geschult. Studierende können ...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhänge und Strukturen erkennen und Vermutungen zu mathematischen Situationen aufstellen, Beispiele oder Gegenbeispiele für mathematische Aussagen finden, Fehler erkennen, beschreiben und korrigieren, die Plausibilität von Vermutungen begründen, Argumentationen wiedergeben, Begründungen nachvollziehen und selbstständig entwickeln • Aufgaben gemeinsam bearbeiten und sich über die mathematischen Zusammenhänge in mathematischer Fachsprache präzise mündlich und schriftlich austauschen. • eigene Problembearbeitung in korrekter mathematischer Fachsprache und Notation niederschreiben und vor der Peergruppe präsentieren. • eigene Vorgehensweisen und Einsichten erläutern, Lösungswege anderer nachvollziehen und gemeinsam analysieren 							

Inhalte	
<ul style="list-style-type: none"> • Einführung in das Maßproblem • Lebesgue-messbare Mengen, Sigma-Algebren • Eigenschaften des Lebesgue-Maßes, Nullmengen • Lebesgue-integrierbare Funktionen im \mathbb{R}^n • Konvergenzsätze, Parameterabhängige Integrale • Zusammenhang zum Riemannintegral • Satz von Fubini, Transformationsformel • Flächenintegral • Differentialformen im \mathbb{R}^n, Cartan Kalkül • Differentialoperatoren, Integralsätze von Stokes, Gauß, Green 	
Zugangsvoraussetzung(en)	Analysis 01 und 2
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	jährlich im Sommersemester
Begründung der Anwesenheitspflicht	
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	B. Sc. Mathematik, M. Ed. Mathematik, B. Sc. Informatik, B. Sc. Physik
Sonstiges	Dieses Modul kann als Aufbaumodul nur im B. Sc. Mathematik-Informatik eingebracht werden.

Modul STO	Grundlagen der Stochastik <i>Introduction to Probability and Statistics</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Pflichtmodul						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	12 LP = 360 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte	
Grundlagen der Stochastik	V	3 (4)	P	4	138	6	
Übung	Ü	3 (4)	P	2	69	3	
Praktikum	Pr	3 (4)	P	2	69	3	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	Anwesenheit im Praktikum ist verpflichtend						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3, in der Regel semesterbegleitende Übungsaufgaben und Praktikumsaufgaben						
Studienleistung(en)							
Modulprüfung	Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (20 - 30 min)						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Theoretische und praktische Kompetenz im Umgang mit den Grundlagen der Stochastik. Ziel ist die Fähigkeit, die grundlegenden maßtheoriefreien wahrscheinlichkeitstheoretischen und statistischen Begriffe und Konzepte sicher zu verwenden und zur Modellierung sowie Lösung konkreter Probleme einsetzen zu können. Konkrete stochastische Problemstellungen können unter Verwendung einer Statistik-Programmiersprache gelöst werden.							
Inhalte							

Grundlegende Begriffe der Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik: Wahrscheinlichkeitsräume, Kombinatorik, Zufallsvariablen, Unabhängigkeit, einfache Grenzwertsätze, Markoffketten, statistische Tests, Schätzer, Konfidenzintervalle.
 Im Praktikum: Verwendung einer Statistik-Programmiersprache (etwa R), Zufallszahlen, Simulation stochastischer Prozesse, Visualisierung; Beurteilung der Eigenschaften statistischer Verfahren anhand von echten oder simulierten Datensätzen.

Zugangsvoraussetzung(en)	Lineare Algebra und Geometrie 1 und 2 Analysis 01 und 2 Für das Praktikum: Einführung in die Programmierung
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	jährlich im Wintersemester
Begründung der Anwesenheitspflicht	
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	B. Sc. Mathematik, B. Ed. Mathematik, B. Sc. Informatik, B. Sc. Physik
Sonstiges	

Modul NUM	Grundlagen der Numerik <i>Basics in Numerical Mathematics</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Pflichtmodul						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	12 LP = 360 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte	
Grundlagen der Numerik	V	4 (3, 5)	P	4	138	6	
Übung	Ü	4 (3, 5)	P	2	69	3	
Praktikum	Pr	4 (3, 5)	P	2	69	3	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	Anwesenheit im Praktikum ist verpflichtend						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3, in der Regel semesterbegleitende Übungsaufgaben und Praktikumsaufgaben						
Studienleistung(en)							
Modulprüfung	Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (20 - 30 min)						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Grundverständnis zentraler Problemstellungen und Lösungstechniken der Numerischen Mathematik. Dies beinhaltet die Fähigkeit, die Kondition einer Problemstellung und die Stabilität eines Verfahrens zu beurteilen. Verständnis für Modellierung mit numerischen Methoden. Weitergehende Erfahrungen mit der Entwicklung und Analyse numerischer Algorithmen zur Behandlung diskreter Gleichungssysteme und der Approximation von Funktionen. Sicherer Umgang mit einer geeigneten Programmiersprache.							
Inhalte							
Behandelt werden vorwiegend numerische Verfahren zur Lösung linearer und nichtlinearer algebraischer Gleichungssysteme, sowie Verfahren zur Integration und zur Interpolation bzw. Approximation vorgegebener Funktionen und einige Modellierungsbeispiele. Im Praktikum wird der Umgang mit einer Programmiersprache, etwa Matlab oder Julia geübt.							
Zugangsvoraussetzung(en)	Lineare Algebra und Geometrie 1 und 2 Analysis 01 und 2 Einführung in die Programmierung						

Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester
Begründung der Anwesenheitspflicht	
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	B. Sc. Mathematik, B. Ed. Mathematik, B. Sc. Informatik, B. Sc. Physik
Sonstiges	

Das Seminarmodul SEM vermittelt in zwei Schritten die Fähigkeiten, mathematische Inhalte eigenständig zu erwerben, zu vertiefen und zu vermitteln. In der frühen Studienphase sind die Inhalte noch nicht so komplex wie in der späteren Studienphase. Daher wird zunächst ein Seminar und später ein Hauptseminar belegt. Diese müssen nicht in aufeinanderfolgenden Semestern belegt werden, weil ja zunächst weitere mathematische Kenntnisse erworben werden sollen, bevor das vertiefende Hauptseminar absolviert wird. Den Studierenden entsteht durch diese übliche zeitliche Spreizung kein Nachteil.

Modul SEM	Seminarmodul MI BSc <i>Working Seminar MI (BSc)</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Pflichtmodul						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	7 LP = 210 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	3 – 4 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte	
Seminar	S	4(3)	P	2	69	3	
Hauptseminar	HS	6	P	2	99	4	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	Anwesenheit wird verlangt						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3						
Studienleistung(en)	-						
Modulprüfung	Ein Vortrag im Seminar und im Hauptseminar (in der Regel 90 Minuten).						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Im Seminarmodul wird die Fähigkeit erworben, mathematische Inhalte insbesondere durch Literaturstudium eigenständig zu erwerben und zu vertiefen. Ferner wird die Kompetenz zur mathematischen Kommunikation im Rahmen von Vorträgen vermittelt. Das Seminar übt diese Kompetenz an einem vergleichsweise einfachen Thema.							
Inhalte							
Wechselnde ergänzende mathematische Inhalte, die in der Regel durch mathematische Literatur vermittelt werden. Entsprechend dem gewählten Seminar. Exemplarische Themen sind etwa „Diskrete Mathematik“, „Irrfahrten in zufälliger Umgebung“, „Inverse Probleme“, „Dynamik in der Ebene“ und „Lie Algebren“.							
Zugangsvoraussetzung(en)							
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls							

Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Jedes Semester
Begründung der Anwesenheitspflicht	
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	
Sonstiges	Das Seminar soll vor dem Hauptseminar absolviert werden.

Aufbaumodule des Bachelor und Master of Science Mathematik-Informatik

Aufbaumodule geben eine breite Einführung in ein zentrales Gebiet der Mathematik. Sie werden im maximal dreisemestrigen Turnus als vierstündige Vorlesung mit zwei Stunden Übungen angeboten, mit einer verbindlichen Inhaltsvorgabe.

Aufbaumodule können im Studium wahlweise als Wahlpflichtmodul (Mathematik) im Sinne der Prüfungsordnung im Bachelorstudiengang Mathematik-Informatik eingebracht werden oder als Wahlpflichtmodul (der Mathematik) im Sinne der Prüfungsordnung im Masterstudiengang Mathematik-Informatik.

Für den Bachelorstudiengang tragen die Aufbaumodule den Charakter einer *exemplarischen Vertiefung* in einem mathematischen Spezialgebiet, für den Masterstudiengang Mathematik ergänzen sie die bereits vorher (im Bachelorstudium) erworbenen Vertiefungskennnisse zu einer *systematischen Vertiefung*. Es ist daher sinnvoll, ihr Niveau für Studierende der Masterstudiengänge nicht extra anzuheben.

Im Bachelorstudiengang Mathematik-Informatik werden die Aufbaumodule in der Regel in den Semestern 4, 5 und 6 (bei Studienbeginn im Wintersemester) bzw. 3, 5 und 6 (bei Beginn im Sommersemester) belegt. Aufbaumodule, die nur winters angeboten werden, würden also in den Semestern 5 (bzw. 6) belegt, Aufbaumodule, die nur sommers angeboten werden, in den Semestern 4 und 6 (bzw. 3 und 5). Soweit die Grundlagen der Stochastik, die Grundlagen der Numerik oder die Analysis 3 Zugangsvoraussetzung sind, fällt das 3. Semester als Regelsemester natürlich weg. Die Reihenfolge ist ansonsten wahlfrei, jedoch wird für die Analysis 3, die (anders als im Studiengang B.Sc. Mathematik) im B.Sc. Studiengang Mathematik-Informatik ebenfalls als Aufbaumodul im Wahlpflichtbereich eingebracht werden kann, das 4. Semester (bzw. 3. Semester) empfohlen.

Im Masterstudiengang Mathematik-Informatik ist unabhängig vom Studienbeginn für das erste Semester ein Aufbaumodul vorgesehen.

Modul Alg1	Algebra 1 <i>Algebra 1</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	9 LP = 270 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtun gsgrad	Kontaktzei t (SWS)	Selbststudi um	Leistungs punkte	
Vorlesung	V	3 – 6	P	4	138	6	
Übung	Ü	3 – 6	P	2	69	3	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	Anwesenheit – besonders in den Übungen – wird dringend empfohlen.						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3, in der Regel semesterbegleitende Übungsaufgaben						
Studienleistung(en)							
Modulprüfung	Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (20 - 30 min)						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Nach erfolgreichem Abschluss dieses Moduls haben Studierende ein Verständnis der grundlegenden Methoden und Begriffe der abstrakten Algebra als Grundlage für eine weitere Vertiefung. Sie können <ul style="list-style-type: none"> • die wesentlichen Definitionen, Aussagen, Beispiele und Beweise der Gruppen-, Ring- und Körpertheorie wiedergeben. • die Relevanz der entwickelten Theorie für klassische Probleme (z.B. Konstruktionen mit Zirkel und Lineal, Lösbarkeit von Polynomgleichungen durch Radikale) erläutern. • mit einer Vielfalt an Methoden Lösungsstrategien zu Problemen der Gruppen-, Ring- und Körpertheorie kreativ entwickeln und umsetzen. 							
Inhalte							
<ul style="list-style-type: none"> • Gruppentheorie: Untergruppe, Normalteiler, Quotientengruppe, Gruppenhomomorphismen, Gruppenoperationen, Bahnenformel, abelsche Gruppen, Gruppen sehr kleiner Ordnung, klassische Beispiele, Sylowsätze, Jordan Hölder Theorie, Auflösbarkeit • Elementare Ringtheorie: Polynomring, Hauptidealbereiche, Primfaktorzerlegung, Irreduzibilität, Teilbarkeit, Faktorialität des Polynomrings, Adjunktion von Nullstellen • Körpererweiterungen: Algebraische und transzendente Körpererweiterungen, normale, separable und Galoiserweiterungen, Körperhomomorphismen, Galois Korrespondenz, Berechnung von Galoisgruppen, algebraischer Abschluss • Klassische Anwendungen: Quadratur des Kreises, Konstruktionen mit Zirkel und Lineal, Auflösbarkeit von Gleichungen, • Optionale Themen: Kummertheorie, Elementarteilersatz, Transzendenztheorie 							
Zugangsvoraussetzung(en)	Lineare Algebra und Geometrie 1 und 2						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls							
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote							
Häufigkeit des Angebots	jährlich im Wintersemester						
Begründung der Anwesenheitspflicht							
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	B. Sc. Mathematik, M. Sc. Mathematik, M. Ed. Mathematik., B. Sc. Informatik, B. Sc. Physik						
Sonstiges							

Modul Alg2	Algebra 2 <i>Algebra 2</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	9 LP = 270 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtun gsgrad	Kontaktzei t (SWS)	Selbststudi um	Leistungs punkte	
Vorlesung	V	3 – 6	P	4	138	6	
Übung	Ü	3 – 6	P	2	69	3	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	Anwesenheit – besonders in den Übungen – wird dringend empfohlen.						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3, in der Regel semesterbegleitende Übungsaufgaben						
Studienleistung(en)							
Modulprüfung	Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (20 - 30 min)						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Nach erfolgreichem Abschluss dieses Moduls haben Studierende ein Verständnis der grundlegenden Methoden und Begriffe der kommutativen Algebra. Sie können <ul style="list-style-type: none"> • die wesentlichen Definitionen, Aussagen, Beispiele wiedergeben • die Beweise der wesentlichen Sätze zusammenfassen und erläutern. • mit einer Vielfalt an Methoden Lösungsstrategien zu Problemen der Kommutativen Algebra entwickeln und umsetzen. 							
Inhalte							
<ul style="list-style-type: none"> • Polynomgleichungen in mehreren Variablen: Verschwindungsmenge, Zariskitopologie, Hilberts Basissatz, noethersche Ringe, Nullstellensatz, Spektrum eines Rings • Moduln über kommutativen Ringen: Kettenbedingungen, Nakayama Lemma, Lokalisierung, Träger, Primärzerlegung, Exakte Sequenzen, Funktoren, Restriktion und Tensorprodukt, Flachheit, Limiten und Kolimiten • Dimensionstheorie von Ringen und Moduln: Krulldimension, Transzendenzgrad, (Hilbertpolynom), Endliche Ringerweiterungen (going up and down), Noether Normalisierung, Krulls Hauptidealsatz, Dimension des Polynomrings, reguläre lokale Ringe • mögliche weitere Themen z.B.: Kählerdifferenziale und Glattheit, Artin-Rees und Vervollständigung, Ext und Tor, Grundzüge der homologischen Algebra 							
Zugangsvoraussetzung(en)	Lineare Algebra und Geometrie 1 und 2						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Algebra 1 oder Computeralgebra						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote							
Häufigkeit des Angebots	jährlich im Wintersemester						
Begründung der Anwesenheitspflicht							
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	B. Sc. Mathematik, M. Sc. Mathematik, M. Ed. Mathematik, B. Sc. Informatik, B. Sc. Physik						
Sonstiges							

Modul CompAlg	Computeralgebra <i>Computational Algebra</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	9 LP = 270 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtun gsgrad	Kontaktzei t (SWS)	Selbststudi um	Leistungs punkte	
Vorlesung	V	3 – 6	WP	4	138	6	
Übung/Praktikum	Ü/P	3 – 6	WP	2	69	3	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	Anwesenheit – besonders in den Übungen und im Praktikum – wird dringend empfohlen						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3, semesterbegleitende Übungs- und Praktikumsaufgaben						
Studienleistung(en)	-						
Modulprüfung	Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (20 - 30 min)						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Nach erfolgreichem Abschluss dieses Moduls haben Studierende ein grundlegendes Verständnis von konstruktiven und algorithmischen Methoden der Algebra und Zahlentheorie. Sie können <ul style="list-style-type: none"> • Sicher mit abstrakten algebraischen Begriffen umgehen. • Aufgaben aus der Zahlentheorie, linearen Algebra und kommutativen Algebra algorithmisch lösen und erfolgreich implementieren. 							
Inhalte							
<ul style="list-style-type: none"> • Ringe, Ideale, Quotientenringe • Algorithmen zur Faktorisierung ganzer Zahlen, Primzahltests • Polynomiale Gleichungssysteme: Hilberts Nullstellensatz • Monomiale Ordnungen, Göbnerbasen, Buchberger Kriterium und Buchberger Algorithmus • Numerische Berechnung von komplexen und reellen Lösungen polynomialer Gleichungssysteme • Eliminationstheorie und Anwendungen • Faktorisierungsalgorithmen von Polynomen über endlichen Körpern und über den ganzen Zahlen • Algorithmen zur Primärzerlegung nulldimensionaler Ideale. Algorithmus zur Faktorisierung von Polynomen über Erweiterungskörpern • Implementierung algebraischer Algorithmen in einem spezialisierten Computeralgebrasystem wie z.B. SageMath 							
Zugangsvoraussetzung(en)	Lineare Algebra und Geometrie 1 und 2						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Der Modul Einführung in die Programmierung wird empfohlen.						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote							
Häufigkeit des Angebots	jährlich im Sommersemester						
Begründung der Anwesenheitspflicht							
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	B. Sc. Mathematik, M. Sc. Mathematik, M. Ed. Mathematik, B. Sc. Informatik, B. Sc. Physik						
Sonstiges	Die Vorlesung Computeralgebra kann den Einstieg in die Algebra 1 oder Zahlentheorie erleichtern.						

Modul AlignKeyur	Algebraische Kurven und Riemannsche Flächen <i>Algebraic Curves and Riemann Surfaces</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	9 LP = 270 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte	
Vorlesung	V	3 – 6	WP	4	138	6	
Übung	Ü	3 – 6	WP	2	69	3	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	Anwesenheit – besonders in den Übungen – wird dringend empfohlen.						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3, in der Regel semesterbegleitende Übungsaufgaben						
Studienleistung(en)							
Modulprüfung	Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (20-30 min)						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Vertiefung und Erweiterung der geometrischen Grundkenntnisse über Gerade und Kegelschnitt zu Kurven höheren Grades. Erwerb von Grundkenntnissen über die geschichtliche Entwicklung der Theorie der Kurven. Kenntnis der einfachsten algebraischen und geometrischen Invarianten einer Kurve. Erwerb von algebraischen und geometrischen Arbeitstechniken zur Bestimmung dieser Invarianten. Erste Einblicke in die tieferen Zusammenhänge zwischen algebraischen, geometrischen und funktionentheoretischen Sichtweisen.							
Inhalte							
<ul style="list-style-type: none"> • Klassische Beispiele ebener algebraischer Kurven • Problem der rationalen Parametrisierbarkeit • Elliptische Kurven • Affiner Koordinatenring, Körper der rationalen Funktionen • Singuläre und reguläre Punkte, Multiplizität, Tangenten • Projektiver Abschluss • Schnitt zweier Kurven, Schnittpunktmultiplizität, Satz von Bézout • Riemannsche Fläche zu einer Kurve, Geschlecht, Satz von Zeuthen-Hurwitz • Weierstraßsche Parametrisierung von elliptischen Kurven • Duale Kurve und Plücker-Formeln 							
Zugangsvoraussetzung(en)	Module Analysis 01 und 2 und Lineare Algebra und Geometrie 1 und 2						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls							
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote							
Häufigkeit des Angebots	Mindestens jedes 3. Semester						
Begründung der Anwesenheitspflicht							
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	B. Sc. Mathematik, M. Sc. Mathematik, M. Ed. Mathematik, B. Sc. Informatik, B. Sc. Physik						
Sonstiges							

Modul FT	Funktionentheorie <i>Complex Analysis</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	9 LP = 270 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtun gsgrad	Kontaktzei t (SWS)	Selbststudi um	Leistungs punkte	
Vorlesung	V	3 – 6	WP	4	138	6	
Übung	Ü	3 – 6	WP	2	69	3	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	Anwesenheit – besonders in den Übungen – wird dringend empfohlen.						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3, in der Regel semesterbegleitende Übungsaufgaben						
Studienleistung(en)							
Modulprüfung	Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (20-30 min)						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Verständnis für grundlegende Begriff, Resultate und Methoden der Theorie der holomorphen Funktionen in einer komplexen Veränderlichen. Fähigkeit zum kompetenten Einsatz dieser Methoden bei den entsprechenden Anwendungen.							
Inhalte							
Holomorphe und meromorphe Funktionen, Cauchysche Integralsätze, Satz von Liouville, Residuensatz und Anwendungen, Montelscher Familiensatz, Existenzsätze von Mittag-Leffler und Weierstraß, einige spezielle Funktionen, z. B. die Gammafunktion, Rungescher Approximationssatz, Weierstraßsche p -Funktion, Verzweigungspunkte und einfache Beispiele für Riemannsche Flächen.							
Zugangsvoraussetzung(en)	Analysis 01 und 2 und Lineare Algebra und Geometrie 1 und 2						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls							
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote							
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester						
Begründung der Anwesenheitspflicht							
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	B. Sc. Mathematik, M. Sc. Mathematik, M. Ed. Mathematik, B. Sc. Informatik, B. Sc. Physik						
Sonstiges							

Modul Top	Topologie <i>Topology</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	9 LP = 270 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtun gsgrad	Kontaktzei t (SWS)	Selbststudi um	Leistungs punkte	
Vorlesung	V	3 – 6	WP	4	138	6	
Übung	Ü	3 – 6	WP	2	69	3	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	Anwesenheit – besonders in den Übungen – wird dringend empfohlen.						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3, in der Regel semesterbegleitende Übungsaufgaben						
Studienleistung(en)							
Modulprüfung	Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (20-30 min)						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Erwerb grundlegender Kenntnisse in mengentheoretischer und algebraischer Topologie. Die Befähigung zum Umgang mit kategoriellen und funktoriellen Konzepten und das Denken in universellen Konstruktionen und universellen Beispielen.							
Inhalte							
Grundlagen der mengentheoretischen Topologie: Topologien, Stetigkeit, Homöomorphie, Zusammenhang; Trennungsaxiome und Kompaktheit. Simplicialkomplexe, Fundamentalgruppe und Überlagerungstheorie, Brouwerscher Fixpunktsatz; Klassifikation der Flächen; Homologietheorie.							
Zugangsvoraussetzung(en)	Module Analysis 01 und 2 und Lineare Algebra und Geometrie 1 und 2.						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls							
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote							
Häufigkeit des Angebots	Mindestens jedes 3. Semester						
Begründung der Anwesenheitspflicht							
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	B. Sc. Mathematik, M. Sc. Mathematik, M. Ed. Mathematik, B. Sc. Informatik, B. Sc. Physik						
Sonstiges							

Modul ZT	Zahlentheorie <i>Number Theory</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	9 LP = 270 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtun gsgrad	Kontaktzei t (SWS)	Selbststudi um	Leistungs punkte	
Vorlesung	V	3 – 6	WP	4	138	6	
Übung	Ü	3 – 6	WP	2	69	3	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	Anwesenheit – besonders in den Übungen – wird dringend empfohlen.						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3, in der Regel semesterbegleitende Übungsaufgaben						
Studienleistung(en)							
Modulprüfung	Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (20-30 min)						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Tieferes Verständnis von Methoden der Zahlentheorie, die über den Stoff der Elementaren Zahlentheorie hinausgehen. Sicheres Beherrschen von theoretischen Methoden aus dem Bereich der Algebraischen Zahlentheorie. In der Praxis werden solide Kenntnisse aus der modernen algorithmischen Zahlentheorie an Hand von Beispielen und mittels Softwaretools erworben.							
Inhalte							
<ul style="list-style-type: none"> • Kongruenzrechnung, Primitivwurzeln, Primzahltests • Diophantische Gleichungssysteme • Quadratische Reziprozität, Hasse Prinzip • P-adische Zahlen und Hilbertsymbole • Reelle Zahlen und Kettenbrüche, Pellische Gleichung • Quadratische Zahlkörper und quadratische Formen • Grundbegriffe der algebraischen Zahlentheorie • Moderne Algorithmische Methoden in der Zahlentheorie • Anwendungen in der Kryptographie 							
Zugangsvoraussetzung(en)	Module Analysis 01 und 2 und Lineare Algebra und Geometrie 1 und 2						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls							
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote							
Häufigkeit des Angebots	Mindestens jedes 3. Semester						
Begründung der Anwesenheitspflicht							
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	B. Sc. Mathematik, M. Sc. Mathematik, M. Ed. Mathematik, B. Sc. Informatik, B. Sc. Physik						
Sonstiges							

Modul FAna	Einführung in die Funktionalanalysis <i>Introduction to Functional Analysis</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	9 LP = 270 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtun gsgrad	Kontaktzei t (SWS)	Selbststudi um	Leistungs punkte	
Vorlesung	V	3 – 6	WP	4	138	6	
Übung	Ü	3 – 6	WP	2	69	3	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	Anwesenheit – besonders in den Übungen – wird dringend empfohlen.						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3, in der Regel semesterbegleitende Übungsaufgaben						
Studienleistung(en)							
Modulprüfung	Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (20-30 min)						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Verständnis für und Kompetenz im Umgang mit den abstrakten Begriffen, Methoden und Resultaten der Funktionalanalysis. Erfahrung mit der Einbettung konkreter Probleme in den funktionalanalytischen Begriffsrahmen und der Anwendung von entsprechenden abstrakten Methoden auf diese Probleme. Teamfähigkeit und Kommunikationsfähigkeit, insbesondere auch über mathematische Inhalte, wie sie durch das Bearbeiten von Übungsaufgaben in kleinen Gruppen gefördert werden.							
Inhalte							
<ul style="list-style-type: none"> • Metrische Räume, normierte Räume, Banachräume • Topologische Begriffe, Separabilität, Kompaktheit • Lineare Operatoren und Dualität • Fortsetzung stetiger linearer Abbildungen • Satz von Hahn-Banach • Satz von Baire, Satz von der offenen Abbildung • Invertibilität und Spektrum • Hilberträume und Orthogonalreihen • Kompakte selbstadjungierte Operatoren im Hilbertraum 							
Zugangsvoraussetzung(en)	Module Analysis 01, 2 und 3 und Lineare Algebra und Geometrie 1 und 2						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls							
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote							
Häufigkeit des Angebots	Jährlich						
Begründung der Anwesenheitspflicht							
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	B. Sc. Mathematik, M. Sc. Mathematik, M. Ed. Mathematik, B. Sc. Informatik, B. Sc. Physik						
Sonstiges							

Modul DiffGeo	Elementare Differentialgeometrie und Mannigfaltigkeiten <i>Elementary Differential Geometry and Manifolds</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	9 LP = 270 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtun gsgrad	Kontaktzei t (SWS)	Selbststudi um	Leistungs punkte	
Vorlesung	V	4 – 6	WP	4	138	6	
Übung	Ü	4 – 6	WP	2	69	3	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	Anwesenheit – besonders in den Übungen – wird dringend empfohlen.						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3, in der Regel semesterbegleitende Übungsaufgaben						
Studienleistung(en)							
Modulprüfung	Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (20-30 min)						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Verständnis und sicherer Umgang mit grundlegenden Begriffen der elementaren Differentialgeometrie, insbesondere der Krümmungstheorie von Kurven und Flächen im Euklidischen Raum. Ferner Verständnis und sicherer Umgang mit dem Differentialformenkalkül auf allgemeinen Mannigfaltigkeiten, Kenntnis und Beherrschung der Integralsätze auf Mannigfaltigkeiten.							
Inhalte							
<ul style="list-style-type: none"> • Kurven und Flächen in Euklidischen Räumen • Tangential- und Normalenvektoren, kovariante Ableitung • Integrierbarkeitsbedingungen, Krümmungstheorie • Grundlagen der Topologie, Mannigfaltigkeiten • Differentialformenkalkül • Integralsätze auf Mannigfaltigkeiten • Satz von Gauß-Bonnet • de Rham-Kohomologie 							
Zugangsvoraussetzung(en)	Modul Analysis 01, 2 und 3/Integralrechnung im \mathbb{R}^n .						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls							
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote							
Häufigkeit des Angebots	Mindestens jedes 3. Semester						
Begründung der Anwesenheitspflicht							
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	B. Sc. Mathematik, M. Sc. Mathematik, M. Ed. Mathematik, B. Sc. Informatik, B. Sc. Physik						
Sonstiges							

Modul PartDiff	Grundlagen der partiellen Differentialgleichungen						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP <i>Fundamentals of Partial Differential Equations</i>						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	9 LP = 270 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtun gsgrad	Kontaktzei t (SWS)	Selbststudi um	Leistungs punkte	
Vorlesung	V	4 – 6	WP	4	138	6	
Übung	Ü	4 – 6	WP	2	69	3	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	Anwesenheit – besonders in den Übungen – wird dringend empfohlen.						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3, , in der Regel semesterbegleitende Übungsaufgaben						
Studienleistung(en)							
Modulprüfung	Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (20-30 min)						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Dieser Kurs vermittelt die Fähigkeit zum Umgang mit partiellen Differentialgleichungen. Das wird unter anderem durch Darstellungsformeln erreicht für die Lösungen der wichtigsten Aufgaben. Interpretationen vor dem Hintergrund der entsprechenden Fragestellungen aus Naturwissenschaft und Technik bieten sich an und sind unverzichtbarer Bestandteil. Dieser Kurs schafft Verständnis für die Verfahren der Computational Sciences und für die abstrakten Methoden der Analysis.							
Inhalte							
<ul style="list-style-type: none"> • Einige wichtige partielle Differentialgleichungen • Trennung der Veränderlichen • Grundlösungen • Fouriertransformation • Lösung der inhomogenen Aufgabe • Anfangswertaufgabe für Wärmeleitungs- und Wellengleichung • Maximumprinzipien • Mittelwerteigenschaft harmonischer Funktionen • Laplacegleichung und Lösung des Dirichletproblems. 							
Zugangsvoraussetzung(en)	Analysis 01, 2 und 3 und Lineare Algebra und Geometrie 1 und 2.						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls							
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote							
Häufigkeit des Angebots	Mindestens jedes dritte Semester						
Begründung der Anwesenheitspflicht							
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	B. Sc. Mathematik, M. Sc. Mathematik, M. Ed. Mathematik, B. Sc. Informatik, B. Sc. Physik						
Sonstiges							

Modul NumDiff	Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen <i>Numerics of Ordinary Differential Equations</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	9 LP = 270 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte	
Vorlesung	V	4 – 6	WP	4	138	6	
Übung	Ü	4 – 6	WP	2	69	3	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	Anwesenheit – besonders in den Übungen – wird dringend empfohlen.						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3, in der Regel semesterbegleitende Übungsaufgaben						
Studienleistung(en)							
Modulprüfung	Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (20-30 min)						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Fähigkeit, zu einem System gewöhnlicher Differentialgleichungen das adäquate numerische Lösungsverfahren auszuwählen und ggf. zu implementieren. Grundlegende Kenntnisse über die möglichen Stabilitätsprobleme sowie adaptive Steuerungsmechanismen.							
Inhalte							
Die Vorlesung behandelt numerische Algorithmen zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen in Form von Anfangs- und Randwertaufgaben.							
Zugangsvoraussetzung(en)	Modul Grundlagen der Numerik						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls							
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote							
Häufigkeit des Angebots	Jährlich						
Begründung der Anwesenheitspflicht							
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	B. Sc. Mathematik, M. Sc. Mathematik, M. Ed. Mathematik, B. Sc. Informatik, B. Sc. Physik						
Sonstiges							

Modul Sto1	Stochastik I						[Modul-Kennnummer]
	Probability Theory I						
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	9 LP = 270 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtun gsgrad	Kontaktzei t (SWS)	Selbststudi um	Leistungs punkte	
Vorlesung	V	4 – 6	WP	4	138	6	
Übung	Ü	4 – 6	WP	2	69	3	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	Anwesenheit – besonders in den Übungen – wird dringend empfohlen						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3, in der Regel semesterbegleitende Übungsaufgaben						
Studienleistung(en)							
Modulprüfung	Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (20-30 min)						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Das Ziel ist die Befähigung zum sicheren Umgang mit dem systematischen maßtheoretischen Aufbau der Wahrscheinlichkeitstheorie und den grundlegenden Grenzwertsätzen.							
Inhalte							
Maß- und Integrationstheorie mit Ausrichtung auf die Wahrscheinlichkeitstheorie, Konstruktion von (Familien von) Zufallsvariablen, Gesetze der großen Zahl, charakteristische Funktionen, Zentraler Grenzwertsatz, bedingte Wahrscheinlichkeiten und Erwartungswerte.							
Zugangsvoraussetzung(en)	Modul Grundlagen der Stochastik						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls							
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote							
Häufigkeit des Angebots	Jährlich						
Begründung der Anwesenheitspflicht							
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	B. Sc. Mathematik, M. Sc. Mathematik, M. Ed. Mathematik, B. Sc. Informatik, B. Sc. Physik						
Sonstiges							

Hauptseminarmodul des Master of Science Mathematik-Informatik

ModulHS	Hauptseminarmodul						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Pflichtmodul						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	8 LP =240 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	2 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte	
Hauptseminar	HS	2 – 3	P	2	99	4	
Hauptseminar	HS	2 – 3	P	2	99	4	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	Anwesenheit wird verlangt						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3						
Studienleistung(en)	-						
Modulprüfung	Jeweils ein Vortrag im Hauptseminar (in der Regel 90 Minuten).						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Im Hauptseminarmodul wird die Fähigkeit ausgebaut, mathematische Inhalte insbesondere durch Literaturstudium eigenständig zu erwerben und zu vertiefen. Ferner wird die Kompetenz zur mathematischen Kommunikation im Rahmen von Vorträgen weiter entwickelt.							
Inhalte							
Wechselnde ergänzende und vertiefende mathematische Inhalte, die in der Regel durch mathematische Literatur vermittelt werden. Exemplarische Themen sind etwa „Schramm-Loewner Evolution“, „Lokale Körper und Klassenkörpertheorie“, „Stochastische Techniken in der Mathematischen Modellierung“ und „Differentialgleichungen in der Biologie“.							
Zugangsvoraussetzung(en)							
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls							
Die jeweiligen Hauptseminare bauen in der Regel auf ein bis zwei einschlägige Vorlesungen auf, die dem jeweiligen Hauptseminartheme inhaltlich nahestehen.							
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)							
Deutsch							
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote							
Häufigkeit des Angebots							
Jedes Semester							
Begründung der Anwesenheitspflicht							
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter							
Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)							
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen							
M. Sc. Mathematik							
Sonstiges							

Ergänzungsmodule des Master of Science Mathematik-Informatik

Nach der Prüfungsordnung des Masterstudiengangs sind 9 Leistungspunkte aus unspezifizierten mathematischen Lehrveranstaltungen einzubringen. Diese enthalten alle Lehrveranstaltungen der Aufbau- und der Vertiefungsmodule. Darüber hinaus enthalten sie auch weitere Lehrveranstaltungen, die sporadisch angeboten werden und inhaltlich nicht notwendigerweise auf andere Vorlesungen aufbauen.

Modul EAig		Ergänzungsmodul Algebra <i>Complementary Module Algebra</i>					[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	3-6 LP = 90-180 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1-2 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtun gsgrad	Kontaktzei t (SWS)	Selbststudi um	Leistungsp unkte	
Vorlesungen im Umfang von 2 oder 4 SWS aus dem Bereich Algebra (A), z.B. Homologische Algebra, Algorithmische Kommutative Algebra, K-Theorie	V		WP	2-4	69-138	3-6	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit							
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3						
Studienleistung(en)	Entsprechend der gewählten Lehrveranstaltung						
Modulprüfung	-						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Ergänzende Kenntnisse in Algebra bis hin zu aktuellen Forschungsthemen. Gegebenenfalls die eigenständige kritische Reflektion und Präsentation jüngster wissenschaftlicher Ergebnisse. Letzteres beinhaltet insbesondere die Fähigkeit, komplizierte Resultate in geeigneter Weise didaktisch aufzuarbeiten.							
Inhalte							
Je nach Lehrveranstaltung							
<ul style="list-style-type: none"> • sehr speziell und etwa auf einem Vertiefungsmodul aufbauend oder • mit speziellem Charakter, aber an ein breites Publikum ohne besondere Vorkenntnisse gerichtet. 							
Zugangsvoraussetzung(en)							
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	LAG 01 und 2 sowie ANA 01 und 2 und ggf. von der Lehrveranstaltung abhängige weitere Voraussetzungen. (Siehe kommentiertes Vorlesungsverzeichnis der Mathematik und individuelle Ankündigungen der Lehrveranstaltungen.)						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote							
Häufigkeit des Angebots	Regelmäßig						
Begründung der Anwesenheitspflicht							
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M. Sc. Mathematik						
Sonstiges							

Modul EAna	Ergänzungsmodul Analysis <i>Complementary Module Analysis</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	3-6 LP = 90-180 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1-2 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtun gsgrad	Kontaktzei t (SWS)	Selbststudi um	Leistungs punkte	
Vorlesungen im Umfang von 2 oder 4 SWS aus dem Bereich Analysis, z.B. Funktionalanalysis II, Partielle Differentialgleichungen II,	V		WP	2-4	69-138	3-6	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit							
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3						
Studienleistung(en)	Entsprechend der gewählten Lehrveranstaltung						
Modulprüfung	-						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Ergänzende Kenntnisse in Analysis bis hin zu aktuellen Forschungsthemen. Gegebenenfalls die eigenständige kritische Reflektion und Präsentation jüngster wissenschaftlicher Ergebnisse. Letzteres beinhaltet insbesondere die Fähigkeit, komplizierte Resultate in geeigneter Weise didaktisch aufzuarbeiten.							
Inhalte							
Je nach Lehrveranstaltung							
<ul style="list-style-type: none"> • sehr speziell und etwa auf einem Vertiefungsmodul aufbauend oder • mit speziellem Charakter, aber an ein breites Publikum ohne besondere Vorkenntnisse gerichtet. 							
Zugangsvoraussetzung(en)							
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls							
Die Pflichtveranstaltungen des Bachelorstudiums Mathematik und ggf. von der Lehrveranstaltung abhängige weitere Voraussetzungen. (Siehe kommentiertes Vorlesungsverzeichnis der Mathematik und individuelle Ankündigungen der Lehrveranstaltungen.)							
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)							
Deutsch							
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote							
Häufigkeit des Angebots							
Regelmäßig							
Begründung der Anwesenheitspflicht							
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter							
Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)							
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen							
M. Sc. Mathematik							
Sonstiges							

Modul ENum	Ergänzungsmodul Numerische Mathematik						[Modul-Kennnummer]
	Complementary Module Numerical Mathematics						
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	3-6 LP = 90-180 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1-2 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte	
Vorlesungen im Umfang von 2 oder 4 SWS aus dem Bereich Numerische Mathematik, z.B. Numerik partieller Differentialgleichungen, Finite Elemente, Numerische Lösung von Integralgleichungen, Schlecht gestellte Gleichungen, Numerische Behandlung inverser Probleme	V		WP	2-4	69-138	3-6	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit							
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3						
Studienleistung(en)	Entsprechend der gewählten Lehrveranstaltung						
Modulprüfung	-						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Ergänzende Kenntnisse in Numerischer Mathematik bis hin zu aktuellen Forschungsthemen. Gegebenenfalls die eigenständige kritische Reflektion und Präsentation jüngster wissenschaftlicher Ergebnisse. Letzteres beinhaltet insbesondere die Fähigkeit, komplizierte Resultate in geeigneter Weise didaktisch aufzuarbeiten.							
Inhalte							
Numerik partieller Differentialgleichungen: Grundlegende Verfahren zur Lösung elliptischer und parabolischer Differentialgleichungen (Finite Elemente, finite Differenzen, Zeitintegration) sowie skalarer hyperbolischer Erhaltungsgleichungen in einer Variablen (Godunov-Verfahren). Die anderen Vorlesungen bieten eine Einführung in ein oder mehrere aktuelle Gebiete der wissenschaftlichen Forschung im Bereich der numerischen Mathematik. Die Liste der Veranstaltungen enthält einige sinnvolle Möglichkeiten in exemplarischer Weise und kann durch andere vierstündige oder zwei zueinander passende zweistündige Vorlesungen geeignet ergänzt werden.							
Zugangsvoraussetzung(en)							
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Vorlesung Numerik partieller Differentialgleichungen. Je nach Wahl der Spezialvorlesung sind weitergehende Kenntnisse aus der Funktionalanalysis oder der Theorie der (partiellen) Differentialgleichungen Voraussetzung.						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote							
Häufigkeit des Angebots	Regelmäßig						
Begründung der Anwesenheitspflicht							
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M. Sc. Mathematik						
Sonstiges							

Modul ESto	Ergänzungsmodul Stochastik <i>Complementary Module Stochastics</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	3-6 LP = 90-180 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1-2 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtun gsgrad	Kontaktzei t (SWS)	Selbststudi um	Leistungs punkte	
Vorlesungen im Umfang von 2 oder 4 SWS aus dem Bereich Stochastik, z.B. Stochastische Algorithmen, Schätzer und Tests, Vorlesung Rechnerübung, Finanzmathematik, Mathematische Statistik I, Stochastische Vielteilchenmodelle, Stochastische Modelle der Genetik, Mathematische Statistik II, Verzweigungsprozesse.	V		WP	2-4	69-138	3-6	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit							
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3						
Studienleistung(en)	Entsprechend der gewählten Lehrveranstaltung						
Modulprüfung	-						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Dieser sehr variabel und individuell zu gestaltende Modul vermittelt wahlweise: I. ergänzende Kenntnisse in einem ausgewählten anwendungsnahen Themenbereich, in unmittelbarem Anschluss an die „Grundlagen der Stochastik“ und gegebenenfalls mit Übersichtscharakter; II. inhaltliche Kompetenz und Begriffssicherheit in einem Spezialgebiet der Stochastik.							
Inhalte							
I. Ein leicht zugänglicher Bereich der Stochastik mit interessanten Anwendungen, der bereits mit Grundkenntnissen in Stochastik verständlich ist. II. Ergänzung und Vertiefung in einem ausgewählten Teilbereich der Stochastik. Die Liste stellt eine Auswahl der Möglichkeiten dar.							
Zugangsvoraussetzung(en)							
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls							
Stochastik-Kenntnisse im Umfang der Module Grundlagen der Stochastik und Stochastik I.							
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)							
Deutsch							
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote							
Häufigkeit des Angebots							
Regelmäßig							
Begründung der Anwesenheitspflicht							
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter							
Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)							
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen							
M. Sc. Mathematik							
Sonstiges							

Modul EGeom	Ergänzungsmodul Geometrie <i>Complementary Module Geometry</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	3-6 LP = 90-180 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1-2 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtun gsgrad	Kontaktzei t (SWS)	Selbststudi um	Leistungs punkte	
Vorlesungen im Umfang von 2 oder 4 SWS aus dem Bereich Komplexe Geometrie, Singularitätentheorie, Komplexe Differentialgeometrie.	V		WP	2-4	69-138	3-6	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit							
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3						
Studienleistung(en)	Entsprechend der gewählten Lehrveranstaltung						
Modulprüfung	-						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Ergänzende Kenntnisse in der Geometrie bis hin zu aktuellen Forschungsthemen. Gegebenenfalls die eigenständige kritische Reflektion und Präsentation jüngster wissenschaftlicher Ergebnisse. Letzteres beinhaltet insbesondere die Fähigkeit, komplizierte Resultate in geeigneter Weise didaktisch aufzuarbeiten.							
Inhalte							
Je nach Lehrveranstaltung - sehr speziell und etwa auf einem Vertiefungsmodul aufbauend oder - mit speziellem Charakter, aber an ein breites Publikum ohne besondere Vorkenntnisse gerichtet.							
Zugangsvoraussetzung(en)							
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls							
Die Pflichtveranstaltungen des Bachelorstudiums Mathematik und ggf. von der Lehrveranstaltung abhängige weitere Voraussetzungen. (Siehe kommentiertes Vorlesungsverzeichnis der Mathematik und individuelle Ankündigungen der Lehrveranstaltungen.)							
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)							
Deutsch							
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote							
Häufigkeit des Angebots							
Regelmäßig							
Begründung der Anwesenheitspflicht							
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter							
Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)							
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen							
M. Sc. Mathematik							
Sonstiges							

Modul EHS	Ergänzungsmodul Hauptseminar <i>Complementary Module Advanced Seminar</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	4 LP = 120 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	2 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtun gsgrad	Kontaktzei t (SWS)	Selbststudi um	Leistungs punkte	
Hauptseminar	HS		WP	2	99	4	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	Wird verlangt						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3						
Studienleistung(en)							
Modulprüfung	Vortrag im Hauptseminar						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Im Hauptseminar wird die Fähigkeit ausgebaut, mathematische Inhalte insbesondere durch Literaturstudium eigenständig zu erwerben und zu vertiefen. Ferner wird die Kompetenz zur mathematischen Kommunikation im Rahmen von Vorträgen und der Fachdiskussion in der Peer Group weiterentwickelt.							
Inhalte							
Wechselnde ergänzende und vertiefende mathematische Inhalte, die in der Regel durch mathematische Literatur vermittelt werden.							
Zugangsvoraussetzung(en)							
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls							
Für die jeweiligen Hauptseminare werden in der Regel ein bis zwei einschlägige Vorlesungen vorausgesetzt, die dem jeweiligen Hauptseminarthemata inhaltlich nahestehen. Näheres ist den Seminarankündigungen und der zentralen Seminarvorbesprechung zu entnehmen.							
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)							Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote							
Häufigkeit des Angebots							Jedes Semester
Begründung der Anwesenheitspflicht							
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter							Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen							M. Sc. Mathematik
Sonstiges							

Vertiefungsbereichmodule Mathematik des M.Sc.-Studiengangs

In den Vertiefungsmodulen werden die fachwissenschaftlichen Grundlagen und Methoden erlernt, welche für das Bearbeiten von Forschungsfragen im jeweiligen Spezialisierungsgebiet notwendig sind. Das Vertiefungsmodul und die dazugehörige Prüfung bilden also den Grundstock für eine fachliche Vertiefung als Voraussetzung für das Anfertigen einer Masterarbeit im Bereich der Mathematik.

Ein Vertiefungsmodul umfasst in der Regel inhaltlich aufeinander aufbauende Lehrveranstaltungen im Umfang von mindestens 12 Leistungspunkten wovon mindestens 6 LP aus einem 2. Teil eines Vertiefungszyklus (2. Teil Vertiefung) oder zu einer solchen äquivalenten Lehrveranstaltungen bestehen, sowie eine Modulprüfung mit 3 LP. Diese Lehrveranstaltungen sind im Lehrangebot des Instituts entsprechend gekennzeichnet.

Die Prüfung erfolgt in Form einer mündlichen Prüfung über die im Vertiefungsbereich gewählten Lehrveranstaltungen. Der Vertiefungsbereich (nicht die Ergänzungsmodule, denn die sind unbenotet) geht mit einer Gewichtung von 15 LP in die Endnote des Masterstudiengangs Mathematik-Informatik ein.

Es wird empfohlen, einen der **regelmäßig angebotenen Vertiefungszyklen** im Vertiefungsbereich zu wählen. Diese sind nachfolgend aufgelistet. Es wird **dringend empfohlen** eine davon abweichende Gestaltung des Vertiefungsbereichs im Vorfeld in der Studienfachberatung oder mit einem fachnahen Dozenten abzuklären.

Alternativ zum **Vertiefungsmodul Mathematik** kann bei einer Spezialisierung im Bereich Numerik das **Vertiefungsmodul Wissenschaftliches Rechnen** belegt werden.

Modul V	Vertiefungsbereich <i>Area of Specialization</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflicht	Wahlpflicht						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	15 LP = 450 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	2 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit (SWS)	Selbststudium	Leistungspunkte	
Vertiefungsvorlesungen. Davon mindestens 4 SWS die als 2. Teil eines Vertiefungszyklus deklariert sind.	V	1-2	WP	8 SWS	276	12	
Prüfung	P	2	WP		90	3	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	-						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3						
Studienleistung(en)	Gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen						
Modulprüfung	Mündliche Prüfung über beide VL (30 Min)						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Studierende <ul style="list-style-type: none"> • können strukturiert Wissen zu den genannten Begriffen ihres Vertiefungsgebiets wiedergeben; • können die einschlägigen Kernideen und Beweise wiedergeben, zueinander in Bezug setzen und kritisch hinterfragen. • verfügen über methodische Vielfalt um einschlägige Probleme zu analysieren und phantasievoll bearbeiten zu können. • verfügen über die fachwissenschaftlichen Grundlagen und Methoden um eine Masterarbeit im gewählten Vertiefungsgebiet anzugehen. 							
Inhalte							
Die Inhalte richten sich nach dem gewählten Vertiefungsgebiet, in welchem in der Regel auch die Masterarbeit geschrieben wird, und bestehen aus den Inhalten der gewählten, in der Regel aufeinander aufbauenden, Lehrveranstaltungen.							
In Absprache mit dem Prüfer oder der Prüferin können die Prüfungsinhalte durch ein weiteres Thema ergänzt werden, welches im Selbststudium erarbeitet wird.							
Zugangsvoraussetzung(en)	-						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Siehe Voraussetzung der gewählten Lehrveranstaltungen.						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	deutsch/englisch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote							
Häufigkeit des Angebots	Jedes Semester						
Begründung der Anwesenheitspflicht	-						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M. Sc. Mathematik						

Sonstiges	<p>In Absprache mit dem Prüfer oder der Prüferin können die Prüfungsinhalte auf mindestens 6 SWS begrenzt werden, wobei dabei mindestens 4 SWS eines 2. Teils eines Vertiefungszyklus berücksichtigt werden müssen.</p> <p>Die im Vertiefungsmodul gewählten Lehrveranstaltungen können an keiner anderen Stelle des Masterstudiengangs eingebracht werden.</p>
------------------	---

Modul V_WR	Vertiefungsmodul Wissenschaftliches Rechnen						[Modul-Kennnummer]
	Scientific Computing						
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	16 LP = 480 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	2 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte	
Numerik Partieller Differentialgleichungen	V	1	W	4 SWS	138	6 LP	
Übung	Ü	1	W	2 SWS	46	2 LP	
Modellierungspraktikum	P	2	W	4 SWS	138	8 LP	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	Anwesenheit – besonders in den Übungen – wird dringend empfohlen.						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3						
Studienleistung(en)							
Modulprüfung	Modulteilprüfung (Notenberechnung 1:1): Mündliche Prüfung (30 Min) oder Klausur (120 Min) zur Vorlesung und Hausarbeit mit Präsentation im Modellierungspraktikum						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Theoretische und praktische Kompetenz im Umgang mit modernen Algorithmen zur numerischen Lösung partieller Differentialgleichungen. Einschlägige Erfahrung bei der Modellierung naturwissenschaftlicher Fragestellung mit Hilfe partieller Differentialgleichungen sowie die Befähigung, qualitative Merkmale ihrer Lösungen physikalisch zu interpretieren und vorherzusagen. Im Rahmen des Modellierungspraktikums werden darüber hinaus Teamfähigkeit und Kommunikationsfähigkeit trainiert.							
Inhalte							
<ul style="list-style-type: none"> • Grundlegende Verfahren zur Lösung elliptischer und parabolischer Differentialgleichungen (Finite Elemente, finite Differenzen, Zeitintegration) sowie skalarer hyperbolischer Erhaltungsgleichungen in einer Variablen (Godunov-Verfahren). • Im Modellierungspraktikum Einsatz dieser Verfahren zur Lösung realer Anwendungsbeispiele aus den Naturwissenschaften 							
Zugangsvoraussetzung(en)	-						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Aufbaumodul Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch/englisch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote							
Häufigkeit des Angebots	Jährlich						
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen							
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M. Sc. Mathematik						
Sonstiges							

Vertiefungszyklen

Die als Teile von Vertiefungszyklen aufgeführten Vorlesungen können auch im Ergänzungsmodul des Masterstudiengangs eingebracht werden.

Vertiefungszyklus Algebraische Geometrie

Modul AG1	Algebraische Geometrie 1 Algebraic Geometry 1						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungs- punkte	
Algebraische Geometrie 1	V	1	W	4 SWS	138	6 LP	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	-						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3						
Studienleistung(en)	Art und Dauer der Leistungsüberprüfung wird spätestens zu Beginn der Vorlesungszeit bekannt gegeben						
Modulprüfung	siehe Vertiefungsbereich						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> kennen die grundlegenden Begriffe und Methoden der algebraischen Geometrie und können diese situationsbedingt einsetzen, können Aufgaben in der algebraischen Geometrie analysieren, lösen, präsentieren und erläutern. 							
Inhalte							
<ul style="list-style-type: none"> Grundbegriffe über affine und projektive Varietäten, Entwicklung des Garben- und Schemabegriffs Morphismen: Lokalisierung, Immersionen, endliche, eigentliche, projektive Morphismen Klassische Konstruktionen von Varietäten/Schemata und Morphismen Eigentlichkeit projektiver Morphismen 							
Zugangsvoraussetzung(en)	-						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Aufbaumodule Algebra 1 oder Computeralgebra, Algebra 2 und Riemannsche Flächen oder Topologie.						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	deutsch/englisch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	-						
Häufigkeit des Angebots	jährlich im WS						
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen	-						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M. Sc. Mathematik						
Sonstiges	Dies ist der erste Teil des Vertiefungszyklus Algebraische Geometrie						

Modul AG2	Algebraische Geometrie 2 <i>Algebraic Geometry 2</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungs- punkte	
Algebraische Geometrie 2	V	2	W	4 SWS	138	6 LP	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	-						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3						
Studienleistung(en)	Art und Dauer der Leistungsüberprüfung wird spätestens zu Beginn der Vorlesungszeit bekannt gegeben						
Modulprüfung	siehe Vertiefungsbereich						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> kennen weiterführende Begriffe und Methoden der modernen algebraischen Geometrie und können diese situationsbedingt einsetzen, können Aufgaben in der algebraischen Geometrie analysieren, lösen und erläutern, haben die fachlichen Grundlagen um sich in erste Fragestellungen in der Forschung in algebraischer Geometrie einzuarbeiten. 							
Inhalte							
<ul style="list-style-type: none"> Dimension, Tangentialraum, Differentiale, Flachheit, Glattheit Garbenkohomologie: Endlichkeit, Verschwindungssätze von Serre und Grothendieck Formale Funktionen, Basiswechsel, Zariskis Hauptsatz, Serre Dualität Weitere Themen nach Wahl des Dozenten/der Dozentin 							
Zugangsvoraussetzung(en)	-						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Algebraische Geometrie 1						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch/englisch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	-						
Häufigkeit des Angebots	jährlich im SS						
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen	-						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M. Sc. Mathematik						
Sonstiges	Dies ist der 2. Teil des Vertiefungszyklus Algebraische Geometrie						

Vertiefungszyklus Algebraische Topologie

Modul ATop1	Algebraische Topologie 1 <i>Algebraic Topology 1</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungs- punkte	
Algebraische Topologie 1	V	1	W	4 SWS	138	6 LP	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	-						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3						
Studienleistung(en)	Art und Dauer der Leistungsüberprüfung wird spätestens zu Beginn der Vorlesungszeit bekannt gegeben						
Modulprüfung	siehe Vertiefungsbereich						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> kennen die grundlegenden Begriffe und Methoden der algebraischen Topologie und können diese situationsbedingt einsetzen. können Aufgaben in der algebraischen Topologie analysieren, lösen und erläutern. 							
Inhalte							
<ul style="list-style-type: none"> Homotopietheorie, Hurewicz-Faserungen und –Kofaserungen, höhere Homotopiegruppen, Faser- und Kofasersequenzen CW-Komplexe, Homotopietheoretische Behandlung, Satz von Whitehead (Ko)-Homologietheorien, Eilenberg-Steenrod-Axiome, singuläre Homologie, Satz von Hurewicz 							
Zugangsvoraussetzung(en)	-						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Aufbaumodul Topologie						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	deutsch/englisch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	-						
Häufigkeit des Angebots	regelmäßig						
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen	-						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M. Sc. Mathematik						
Sonstiges	Dies ist der erste Teil des Vertiefungszyklus Algebraische Topologie						

Modul ATop2	Algebraische Topologie 2 <i>Algebraic Topology 2</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte	
Algebraische Topologie 2	V	2	WP	4 SWS	138	6 LP	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	-						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3						
Studienleistung(en)	Art und Dauer der Leistungsüberprüfung wird spätestens zu Beginn der Vorlesungszeit bekannt gegeben						
Modulprüfung	siehe Vertiefungsbereich						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> kennen die grundlegenden Begriffe und Methoden der algebraischen Topologie und können diese situationsbedingt einsetzen. können Aufgaben in der algebraischen Topologie analysieren, lösen und erläutern. haben die fachlichen Grundlagen um sich in erste Fragestellungen in der Forschung in algebraischer Topologie einzuarbeiten. 							
Inhalte							
Die Lehrveranstaltungen umfassen eine Auswahl aus den Themen: <ul style="list-style-type: none"> Vektorbündel (homotopietheoretische Klassifikation, charakteristische Klassen); Kobordismus (Orientierung, fast-komplexe Strukturen, charakteristische Klassen); Topologische K-Theorie (Vektorbündel, Bott-Periodizität, Eilenberg-Mac-Lane-Räume); Mannigfaltigkeiten (Chirurgie, Morsetheorie); Spektren (Eilenberg-MacLane-Räume, axiomatische Homotopietheorie, Ringspektren); Dualitätssätze (Poincaré-Alexander-Lefschetz-Dualität); Simpliziale Homotopietheorie (Simpliziale Mengen, geometrische Realisierung, Čech-Kohomologie); Knotentheorie (Knotendiagramme, (polynomielle) Invarianten). 							
Zugangsvoraussetzung(en)	-						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Algebraische Topologie 1						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	deutsch/englisch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	-						
Häufigkeit des Angebots	Regelmäßig						
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen	-						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M. Sc. Mathematik						
Sonstiges	Dies ist der 2. Teil des Vertiefungszyklus Algebraische Topologie						

Vertiefungszyklus Algebraische Zahlentheorie

Modul AZT1	Algebraische Zahlentheorie 1 <i>Algebraic Number Theory 1</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtun gsgrad	Kontaktzei t	Selbststudi um	Leistungsp unkte	
Algebraische Zahlentheorie 1	V	1	WP	4 SWS	138	6 LP	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	-						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3						
Studienleistung(en)	Art und Dauer der Leistungsüberprüfung wird spätestens zu Beginn der Vorlesungszeit bekannt gegeben						
Modulprüfung	siehe Vertiefungsbereich						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> kennen die grundlegenden Begriffe und Methoden der algebraischen Zahlentheorie und arithmetischen Geometrie und können diese situationsbedingt einsetzen, können Aufgaben in der algebraischen Zahlentheorie analysieren, lösen und erläutern. 							
Inhalte							
Zahlkörper und Ringe ganzer Zahlen; Dedekindringe; Minkowskitheorie, Klassengruppe, Einheiten, Verzweigungstheorie.							
Zugangsvoraussetzung(en)	-						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Aufbaumodule Zahlentheorie und Algebra 1						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch/englisch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	-						
Häufigkeit des Angebots	Regelmäßig						
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen	-						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M. Sc. Mathematik						
Sonstiges	Dies ist der erste Teil des Vertiefungszyklus Algebraische Zahlentheorie						

Modul AZT2	Algebraische Zahlentheorie 2 <i>Algebraic Number Theory 2</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtun gsgrad	Kontaktzei t	Selbststudi um	Leistungsp unkte	
Algebraische Zahlentheorie 2	V	2	WP	4 SWS	138	6 LP	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	-						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3						
Studienleistung(en)	Art und Dauer der Leistungsüberprüfung wird spätestens zu Beginn der Vorlesungszeit bekannt gegeben						
Modulprüfung	siehe Vertiefungsbereich						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> kennen die grundlegenden Begriffe und Methoden der algebraischen Zahlentheorie und arithmetischen Geometrie und können diese situationsbedingt einsetzen, können Aufgaben in der algebraischen Zahlentheorie analysieren, lösen und erläutern, haben die fachlichen Grundlagen um sich in erste Fragestellungen in der Forschung in algebraischer Zahlentheorie einzuarbeiten. 							
Inhalte							
Die Lehrveranstaltung umfasst eine Auswahl der folgenden Themen: <ul style="list-style-type: none"> Bewertungstheorie, Lokale Körper, Klassenkörpertheorie, Algorithmische Zahlentheorie; Elliptische Kurven und Kryptographie; Modulformen und Automorphe Formen; Quadratische Formen und Algebraische K-Theorie; Rationale Punkte auf algebraischen Varietäten, Étale Kohomologie, 							
Zugangsvoraussetzung(en)	-						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Aufbaumodule Zahlentheorie und Algebra 1						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch/englisch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	-						
Häufigkeit des Angebots	Regelmäßig						
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen	-						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M. Sc. Mathematik						
Sonstiges	Dies ist der 2. Teil des Vertiefungszyklus Algebraische Zahlentheorie						

Vertiefungszyklus Funktionalanalysis

Modul FAna2	Funktionalanalysis 2 <i>Functional Analysis 2</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtun gsgrad	Kontaktzei t	Selbststudi um	Leistungsp unkte	
Funktionalanalysis 2	V	1	WP	4 SWS	138	6 LP	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	-						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3						
Studienleistung(en)	Art und Dauer der Leistungsüberprüfung wird spätestens zu Beginn der Vorlesungszeit bekannt gegeben						
Modulprüfung	siehe Vertiefungsbereich						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Verständnis für und Kompetenz im Umgang mit abstrakten Begriffen, Methoden und Resultaten aus weiterführenden Bereichen der Funktionalanalysis. Erfahrung mit der Einbettung konkreter Probleme in den funktionalanalytischen Begriffsrahmen und der Anwendung von entsprechenden abstrakten Methoden auf diese Probleme. Teamfähigkeit und Kommunikationsfähigkeit, insbesondere auch über die hier behandelten mathematischen Inhalte.							
Inhalte							
Dualitätstheorie von Banachräumen; Kompakte Operatoren und Fredholmoperatoren; Spektralsatz für beschränkte selbstadjungierte Operatoren; Funktionalkalkül und holomorphe Banachraum-wertige Funktionen; C^* -Algebren und GNS-Darstellung.							
Zugangsvoraussetzung(en)	-						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Aufbaumodul Funktionalanalysis						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch/englisch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	-						
Häufigkeit des Angebots	Regelmäßig						
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen							
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M. Sc. Mathematik						
Sonstiges	Dies ist der erste Teil des Vertiefungszyklus Funktionalanalysis						

Modul FAna3	Funktionalanalysis 3 <i>Functional Analysis 3</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtun gsgrad	Kontaktzei t	Selbststudi um	Leistungs punkte	
Funktionalanalysis 3	V	2	WP	4 SWS	138	6 LP	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	-						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3						
Studienleistung(en)	Art und Dauer der Leistungsüberprüfung wird spätestens zu Beginn der Vorlesungszeit bekannt gegeben						
Modulprüfung	siehe Vertiefungsbereich						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Verständnis für und Kompetenz im Umgang mit abstrakten Begriffen, Methoden und Resultaten aus weiterführenden Bereichen der Funktionalanalysis. Erfahrung mit der Einbettung konkreter Probleme in den funktionalanalytischen Begriffsrahmen und der Anwendung von entsprechenden abstrakten Methoden auf diese Probleme. Teamfähigkeit und Kommunikationsfähigkeit, insbesondere auch über die hier behandelten mathematischen Inhalte.							
Inhalte							
Auswahl aus folgenden Themen: Variationsrechnung; Operatoralgebren; Topologische nichtlineare Analysis; Spektraltheorie auch für unbeschränkte Operatoren; Operatorhalbgruppen und Evolutionsgleichungen; Fourieroperatoren, Mikrolokale Analysis, Pseudodifferentialoperatoren; Topologische Algebren.							
Zugangsvoraussetzung(en)	-						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Funktionalanalysis 2						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch/englisch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	-						
Häufigkeit des Angebots	Regelmäßig						
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen							
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M. Sc. Mathematik						
Sonstiges	Dies ist der 2. Teil des Vertiefungszyklus Funktionalanalysis						

Vertiefungszyklus Partielle Differentialgleichungen

Modul PDiff2	Partielle Differentialgleichungen 2 <i>Partial Differential Equations 2</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtun gsgrad	Kontaktzei t	Selbststudi um	Leistungsp unkte	
Partielle Differentialgleichungen 2	V	1	W	4 SWS	138	6 LP	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	-						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3						
Studienleistung(en)	Art und Dauer der Leistungsüberprüfung wird spätestens zu Beginn der Vorlesungszeit bekannt gegeben						
Modulprüfung	siehe Vertiefungsbereich						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Die Studierenden machen sich mit fortgeschrittenen analytischen, geometrischen und funktionalanalytischen Begriffen und Methoden vertraut und können diese gewinnbringend in der Theorie der partiellen Differentialgleichungen einsetzen. Sie kennen verschiedenste Typen partieller Differentialgleichungen und beherrschen wesentliche Beweistechniken für die Existenz, Eindeutigkeit und Regularität von Lösungen.							
Inhalte							
Distributionen und Fouriertransformation; Sobolevräume und Hölderräume; Anfangswertaufgaben und Randwertaufgaben; schwache Lösungen; Anwendungen von partiellen Differentialgleichungen in den Naturwissenschaften							
Zugangsvoraussetzung(en)	-						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Aufbaumodul Grundlagen der Partiellen Differentialgleichungen						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch/englisch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	-						
Häufigkeit des Angebots	Regelmäßig						
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen							
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter							
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M. Sc. Mathematik						
Sonstiges	Dies ist der erste Teil des Vertiefungszyklus Partielle Differentialgleichungen.						

Modul PDiff3	Partielle Differentialgleichungen 3 <i>Partial Differential Equations 3</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtun gsgrad	Kontaktzei t	Selbststudi um	Leistungs punkte	
Partielle Differentialgleichungen 3	V	2	W	4 SWS	138	6 LP	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	-						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3						
Studienleistung(en)	Art und Dauer der Leistungsüberprüfung wird spätestens zu Beginn der Vorlesungszeit bekannt gegeben						
Modulprüfung	siehe Vertiefungsbereich						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Die Studierenden erhalten Einblicke in aktuelle Forschungsergebnisse aus dem Gebiet der partiellen Differentialgleichungen und vertiefen ihre Kenntnisse über fortgeschrittenen analytische, geometrische und funktionalanalytische Methoden. Sie erlernen moderne Techniken für das wissenschaftliche Arbeiten im Gebiet der partiellen Differentialgleichungen und können die Theorie der partiellen Differentialgleichungen mit anderen mathematischen Gebieten verbinden.							
Inhalte							
Auswahl aus folgenden Themen: elliptische Gleichungen; parabolische Gleichungen; hyperbolische Gleichungen; kinetische Gleichungen; Variationsrechnung; topologische nichtlineare Analysis; Spektraltheorie; geometrische Analysis; mikrolokale Analysis und Pseudodifferentialoperatoren; fortgeschrittene Methoden der gewöhnlichen Differentialgleichungen.							
Zugangsvoraussetzung(en)	-						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Aufbaumodul Grundlagen der Partiellen Differentialgleichungen						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch/englisch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	-						
Häufigkeit des Angebots	Regelmäßig						
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen							
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M. Sc. Mathematik						
Sonstiges	Dies ist der 2. Teil des Vertiefungszyklus Partielle Differentialgleichungen.						

Vertiefungszyklus Differentialgeometrie

Modul DG1	Differentialgeometrie 1 <i>Differential Geometry 1</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtun gsgrad	Kontaktzei t	Selbststudi um	Leistungsp unkte	
Differentialgeometrie 1	V	1	W	4 SWS	138	6 LP	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	-						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3						
Studienleistung(en)	Art und Dauer der Leistungsüberprüfung wird spätestens zu Beginn der Vorlesungszeit bekannt gegeben						
Modulprüfung	siehe Vertiefungsbereich						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
<p>1. Die Studierenden sollen den sicheren Umgang mit grundlegenden Begriffen aus dem Bereich der globalen Analysis erlernen, insbesondere die Fähigkeit zur koordinatenfreien Beschreibung von Eigenschaften von Mannigfaltigkeiten mit semi-Riemannscher Metrik.</p> <p>2. Die Studierenden vertiefen ihr Verständnis elementargeometrischer Ergebnisse und können diese in einen allgemeineren Kontext einordnen.</p> <p>3. Die Studierenden lernen verschiedene Krümmungsbegriffe kennen und erwerben Erfahrungen in der analytischen Behandlung gekrümmter Mannigfaltigkeiten.</p> <p>4. Die Studierenden erhalten einen ersten Einblick in die Anwendungen der globalen Analysis in der Physik.</p>							
Inhalte							
Lokaltriviale Faserungen und Faserbündel, Zusammenhänge, Geodätische, Levi-Civita Zusammenhang, verschiedene Krümmungsbegriffe.							
Zugangsvoraussetzung(en)							
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls							
Aufbaumodule Topologie, Algebraische Kurven und Riemannsche Flächen							
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)							
Deutsch/englisch							
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote							
-							
Häufigkeit des Angebots							
Regelmäßig							
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen							
-							
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter							
Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)							
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen							
M. Sc. Mathematik							
Sonstiges							
Dies ist der erste Teil des Vertiefungszyklus Differentialgeometrie							

Modul DG2	Differentialgeometrie 2 <i>Differential Geometry 2</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtun gsgrad	Kontaktzei t	Selbststudi um	Leistungs punkte	
Differentialgeometrie 2	V	1	W	4 SWS	138	6 LP	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	-						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3						
Studienleistung(en)	Art und Dauer der Leistungsüberprüfung wird spätestens zu Beginn der Vorlesungszeit bekannt gegeben						
Modulprüfung	siehe Vertiefungsbereich						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
1. Die Studierenden vertiefen die Kenntnisse aus Differentialgeometrie 1. 2. Sie erlangen Kenntnisse über den Zusammenhang zwischen geometrischen Extremaleigenschaften und Variationsprinzipien. 3. Sie entwickeln eine Intuition für die Zusammenhänge zwischen geometrischen Begriffen. 4. Sie erlernen moderne Techniken für das wissenschaftliche Arbeiten im Gebiet der globalen Analysis und bekommen einen Einblick in die Beziehungen zwischen Differentialgeometrie und anderen mathematischen Gebieten. 5. Sie üben sich in der Fähigkeit, über geometrische Probleme zu diskutieren. 6. Sie erwerben ein tiefes Verständnis für die Anwendungen der Differentialgeometrie in der Physik.							
Inhalte							
Auswahl aus folgenden Themen: Jacobifelder, Variationsrechnung, Vergleichssätze; Lorentzgeometrie und Anwendungen der Differentialgeometrie; Dirac Operatoren auf Semi-Riemannschen Mannigfaltigkeiten; Eichtheorie.							
Zugangsvoraussetzung(en)							
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Differentialgeometrie 1						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch/englisch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	-						
Häufigkeit des Angebots	Regelmäßig						
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen	-						
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M. Sc. Mathematik						
Sonstiges	Dies ist der 2. Teil des Vertiefungszyklus Differentialgeometrie						

Vertiefungszyklus Stochastik

Modul Sto2	Stochastik 2 Probability Theory 2						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtun gsgrad	Kontaktzei t	Selbststudi um	Leistungsp unkte	
Stochastik 2	V	1	W	4 SWS	138	6 LP	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	-						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3						
Studienleistung(en)	Art und Dauer der Leistungsüberprüfung wird spätestens zu Beginn der Vorlesungszeit bekannt gegeben						
Modulprüfung	siehe Vertiefungsbereich						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
<p>Problemlösungskompetenz und wesentlich vertiefte Kenntnisse in den zentralen Themenbereichen der modernen Stochastik. Die Studierenden können die wesentlichen Grenzwertsätze der Stochastik beweisen und die Beweistechniken für andere anwendungsbestimmte Situationen anpassen. Sie lernen, die Systematik in zufälligen Prozessen zu erkennen und mit mathematischen Methoden zu quantifizieren. Die Studierenden erwerben (zusammen mit den Qualifikationen aus Stochastik 3) wesentliche Fähigkeiten, die den Einstieg in eine spätere Erwerbstätigkeit, etwa in den Aktuarwissenschaften, erleichtern. Durch Spezialisierung (Vorlesung in fortgeschrittener Stochastik) wird danach in einem ausgewählten Spezialgebiet der Weg zu eigenständigem wissenschaftlichen Arbeiten vorbereitet.</p>							
Inhalte							
<p>Eine Auswahl aus beispielsweise den folgenden Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Konvergenz von Maßen, • Kolmogorov'scher Erweiterungssatz, Charakteristische Funktionen und Zentraler Grenzwertsatz für Schemata, Stochastische Prozesse, • Martingale, Markovprozesse, • Eigenschaften der Brown'schen Bewegung, • Satz vom iterierten Logarithmus, • Austauschbare Verteilungen, Invarianzprinzipien, • Einbettungssätze, Große Abweichungen. 							
Zugangsvoraussetzung(en)	-						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Aufbaumodul Stochastik 1						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch/englisch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	-						
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im WS						
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen							
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M. Sc. Mathematik						
Sonstiges	Dies ist der erste Teil des Vertiefungszyklus Stochastik						

Modul Sto3	Stochastik 3 <i>Probability Theory 3</i>						[Modul-Kennnummer]
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	WP						
6	12 LP = 180 h						
Moduldauer (laut Studienverlaufsplan)	1 Semester						
Lehrveranstaltungen/ Lernformen	Art	Regelsemester bei Studienbeginn WiSe (SoSe)	Verpflichtun gsgrad	Kontaktzei t	Selbststudi um	Leistungs punkte	
Stochastik 3	V	2	W	4 SWS	138	6 LP	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:							
Anwesenheit	-						
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3						
Studienleistung(en)	Art und Dauer der Leistungsüberprüfung wird spätestens zu Beginn der Vorlesungszeit bekannt gegeben						
Modulprüfung	siehe Vertiefungsbereich						
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen							
Problemlösungskompetenz und wesentlich vertiefte Kenntnisse in den zentralen Themenbereichen der modernen Stochastik. Die Studierenden lernen den sicheren Umgang mit der Brown'schen Bewegung – dem zentralen Prozess in der Finanzmathematik und den Aktuarwissenschaften. Die Studierenden können die Konvergenz von Funktionalen stochastischer Prozesse untersuchen und beweisen und erlernen so die mathematischen Grundlagen wichtiger Modelle der Finanz- und Versicherungsindustrie. Die Studierenden erwerben (zusammen mit den Qualifikationen aus Stochastik 2) wesentliche Fähigkeiten, die den Einstieg in eine spätere Erwerbstätigkeit, etwa in den Aktuarwissenschaften, erleichtern. Durch Spezialisierung (Vorlesung in fortgeschrittener Stochastik) wird danach in einem ausgewählten Spezialgebiet der Weg zu eigenständigem wissenschaftlichen Arbeiten vorbereitet.							
Inhalte							
Eine Auswahl aus beispielsweise den folgenden Themen: <ul style="list-style-type: none"> • Stochastische Prozesse, Markovprozesse, • Eigenschaften der Brown'schen Bewegung, • Satz vom iterierten Logarithmus, • Austauschbare Verteilungen, Invarianzprinzipien, • Einbettungssätze, Große Abweichungen, stochastische Integration • (Itô-Kalkül), stochastische Differentialgleichungen, Punktprozesse. 							
Zugangsvoraussetzung(en)	-						
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Stochastik 2						
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch/englisch						
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	-						
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im SS						
Begründung der Anwesenheitspflicht Veranstaltungen							
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Studiengangsbeauftragte(r) (siehe Institutsseite)						
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	M. Sc. Mathematik						
Sonstiges	Dies ist der zweite Teil des Vertiefungszyklus Stochastik						

3 Informatik-Module

Pflichtmodule Informatik für den B.Sc. Studiengang

Einführung in die Programmierung		08.079.010			
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Pflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	7 LP = 210 h				
Moduldauer	1 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Einführung in die Programmierung	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	39 h	2
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Einführung in die Programmierung	Praktikum	P	1 SWS / 10,5 h	50 h	2
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:					
Anwesenheit	Praktikum Einführung in die Programmierung				
Begründung der Anwesenheitspflicht	Praktikum: Gemäß § 5 Abs. 5 Prüfungsordnung.				
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3				
Studienleistung(en)	Praktikum Einführung in die Programmierung: Aktive Teilnahme und Präsentation				
Modulprüfung(en)	Auf Antrag an den Prüfungsausschuss kann eine mündliche Ergänzungsprüfung nach 3 Fehlversuchen gem. §13 Abs.5 genehmigt werden. Vorlesung Einführung in die Programmierung: Klausur (180 Minuten)				
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen					

Programmieren ist keine Kunst, sondern ein Handwerk: Zur Erstellung von Programmen gibt es feste Methoden, die immer und immer wieder funktionieren. Und wie bei jedem Handwerk gilt: Nur durch viel Übung wird man zum Meister. Das Erlernen und Einüben dieser Methoden ist das zentrale Lernziel der Veranstaltung „Einführung in die Programmierung“. Dabei konzentriert sich die Veranstaltung auf das Programmieren mit Daten, die in Form von Tabellen, Listen, und Bäumen vorliegen. Studierende werden lernen Programme zu schreiben, die solche Daten organisieren, analysieren und Ergebnisse daraus ableiten. Die Veranstaltung führt dazu sowohl die Grundlagen des funktionalen Programmierens (Daten sind unveränderlich) als auch des imperativen Programmierens ein (Daten sind veränderlich). Die Studierenden werden lernen Programme gemäß dieser Ansätze zu schreiben, die Ausführung der Programme schrittweise nachzuvollziehen, die Verständlichkeit der Programme zu bewerten, und die Korrektheit der Programme durch Tests zu validieren. In diesem Rahmen lernen die Studierenden auch die Grundlagen des Entwurfes von Algorithmen und erhalten einen ersten Einblick darin, wie man deren Effizienz vergleichen kann.

Zusammenfassend sollen Studierende nach Absolvierung der Veranstaltung „Einführung in die Programmierung“ in der Lage sein

- Programme zu schreiben, die Daten organisieren, analysieren und Ergebnisse daraus ableiten,
- Daten programmatisch zu verarbeiten, die in Form von Tabellen, Listen und Bäumen vorliegen,
- Programmieraufgaben in Teilaufgaben zu zerlegen und Programme dementsprechend zu strukturieren,
- grundlegende Algorithmen (wie binäre Suche, Sortieren oder Backtracking) zu verstehen und für ähnlich strukturierte Probleme selbst zu entwerfen,
- die Effizienz eines Algorithmus anhand dessen asymptotischer Komplexität (informell) einzuschätzen,
- Tests zu entwickeln, die das korrekte Funktionieren von Programmen sicherstellen

Inhalte

Vorlesung Einführung in die Programmierung

- Zahlen und Strings
- Programmieren mit Namen
- Ausdrücke und Anweisungen
- Funktionsdefinitionen und –aufrufe
- Boolesche Werte und bedingte Ausführung
- Tabellarische Daten und ihre Verarbeitung
- Listen und Rekursion
- Aggregation
- Nutzerdefinierte und rekursive Datentypen
- Programmieren mit veränderlichen Daten
- imperative Kontrollstrukturen
- Einfache Algorithmen und ihre Effizienz
- Muster für den Entwurf einfacher Algorithmen (z.B. Divide-and-Conquer, Backtracking)
- Programmevaluation und Debugging
- Testen von Programmen

Praktikum Einführung in die Programmierung

Das Praktikum ergänzt die Einführungsveranstaltung "Einführung in die Programmierung" um ein Projekt-orientiertes Praktikum, in dem ein kleines Softwareprojekt in Kleingruppen umgesetzt wird. Hierbei lernt man, wie man auch etwas komplexere Aufgaben (über die üblichen Übungsaufgaben hinaus) praktisch angehen kann, welche Werkzeuge und Bibliotheken es gibt, und man arbeitet im Team an einer interessanten Aufgabe mit einem schönen Endergebnis. Gerade für Einsteiger ist dies eine wertvolle Erfahrung; aber auch für Studierende mit Vorkenntnissen ist es interessant - hier ist Gelegenheit, etwas tiefer einsteigen, und das, was man bislang gelernt hat zur Anwendung bringen

Zugangsvoraussetzung(en)	Keine
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Keine
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	

Häufigkeit des Angebots	Jedes Semester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	<u>Erdweg, Prof. Dr. Sebastian</u>
Verwendbarkeit des Moduls in den Studiengängen:	Bachelor of Science – Informatik
Literatur	
Sonstiges	

Einführung in die Softwareentwicklung					08.079.015
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Pflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	5 LP = 150 h				
Moduldauer	1 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Einführung in die Softwareentwicklung	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	39 h	2
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:					
Anwesenheit	Keine				
Begründung der Anwesenheitspflicht					
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3				
Studienleistung(en)					
Modulprüfung(en)	Auf Antrag an den Prüfungsausschuss kann eine mündliche Ergänzungsprüfung nach 3 Fehlversuchen gem. §13 Abs.5 genehmigt werden. Vorlesung Einführung in die Softwareentwicklung: Klausur (180 Minuten)				
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen					
Zusammenfassend sollen Studierende nach Absolvierung der Veranstaltung „Einführung in die Softwareentwicklung“ in der Lage sein <ul style="list-style-type: none"> • Softwaresysteme in einzelne Komponenten zu zerlegen und Schnittstellen definieren zu können, • die Wiederverwendbarkeit von Code zu erkennen und technisch umzusetzen, • Systeme erweiterbar zu gestalten, indem einfache objekt-orientierte oder funktionale Entwurfsmuster verwendet werden, • beispielhafte Standardarchitekturmuster zu erkennen und beim Entwurf anzuwenden 					
Inhalte					

Vorlesung Einführung in die Softwareentwicklung

In der Veranstaltung „Einführung in die Softwareentwicklung“ hat zwei Ziele: Zum einen werden ergänzend Programmier Techniken vermittelt, die in der Veranstaltung „Einführung in die Programmierung“ (EiP) noch nicht behandelt werden konnten. Dies beinhaltet statische Typisierung, Funktionen höherer Ordnung, hardware-nahe Programmier Techniken und Abstraktionen sowie Eingabe-Ausgabe-Techniken (Dateien, Netzwerk, GUIs). Zum Zweiten erlernen die Studierenden Techniken zur Entwicklung von Softwaresystemen. Softwaresysteme zeichnen sich durch ihre Größe und Komplexität aus, was sie von einfachen Programmen unterscheidet. Das Erlernen und Einüben von Techniken zur Beherrschung dieser Komplexität ist das zentrale Lernziel der Veranstaltung „Einführung in die Softwareentwicklung“. Der Fokus liegt dabei auf Techniken zur Strukturierung von Systemen (Systemarchitektur), die größere Systeme beherrschbar machen. Der ebenfalls wichtige Aspekt der Arbeit im Team wird dabei ausgeklammert bzw. nur am Rande behandelt (dies ist ein wichtiger Inhalt der Nachfolgeveranstaltung „Software Engineering“).

Die Veranstaltung führt die Konzepte des objektorientierten Programmierens ein (insbes. Schnittstellen, Vererbung und das Geheimnisprinzip) und zeigt exemplarisch, wie diese genutzt werden können, um größere Systeme zu strukturieren. Die Ansätze werden verglichen mit funktionalen Entwürfen, und die Studierenden lernen die Vor- und Nachteile beider Ansätze einzuschätzen. Die Konzepte werden an Beispielen illustriert, wie größere, realistische Softwaresysteme strukturiert werden können.

Folgende Themenbereiche werden in der Veranstaltung behandelt:

Programmier Techniken:

- Statische Typisierung
- Hardwarenahe Programmierung und Techniken für effiziente Abstraktionen,
- Funktionsvariablen und Funktionen höherer Ordnung,
- Bibliotheksfunktionen der Systemumgebung: Eingabe- / Ausgabe, Netzwerkzugriff
- Graphische Benutzerschnittstellen

Softwareentwurf:

- Modularisierung
- Objekte, Klassen und Schnittstellen
- Vererbung, abstrakte Klassen und dynamischer Dispatch
- Abstraktion und Geheimnisprinzip
- Generische Datentypen
- Komponenten- und Klassendiagramme
- Einfache/grundlegende Entwurfs- und Architekturmuster

Zugangsvoraussetzung(en)	Keine
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Modul Einführung in die Programmierung
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Jedes Semester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	<u>Erdweg, Prof. Dr. Sebastian</u>
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik
Literatur	
Sonstiges	

Datenbanken

08.079.228

Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Pflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h				
Moduldauer	1 - 2 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Datenbanken	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3

Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:

Anwesenheit	-
Begründung der Anwesenheitspflicht	
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3
Studienleistung(en)	
Modulprüfung(en)	Auf Antrag an den Prüfungsausschuss kann eine mündliche Ergänzungsprüfung nach 3 Fehlversuchen in der Klausur gem. §13 Abs.5 genehmigt werden. Vorlesung Datenbanken: In der Regel Klausur (120 min), ansonsten mündl. Prüfung (20-30 min)

Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen

Datenbanktechnologie ist eine Schlüsseltechnologie der praktischen und angewandten Informatik. Datenbanken spielen in Unternehmen eine immer zentralere Rolle, weil ein Großteil von Unternehmens- und Nutzerdaten in Datenbanken gespeichert ist. Die Studierenden lernen den grundsätzlichen Aufbau von Datenbanken und deren Benutzung kennen. Ebenso wird besonderer Wert auf die semantisch korrekte Modellierung eines Sachverhalts als Voraussetzung für den Datenbankentwurf gesehen. Einen weiteren Schwerpunkt bildet das Erlernen der Datenbanksprache SQL. Hierdurch sollen die Studierenden befähigt werden, die erworbenen Kenntnisse praktisch umzusetzen.

Zusammengefasst sollen Studierende nach Absolvierung des Moduls in der Lage sein

- relationale Datenbanken zu entwerfen, redundanzfrei zu machen, anzulegen und abzufragen.
- die theoretischen Grundlagen des relationalen Modells erklären zu können: relationale Algebra, Tupelkalkül und Domänenkalkül und relationale Entwurfstheorie (Normalformen, funktionale und mehrwertige Abhängigkeiten, Dekomposition),
- die praktischen Aspekte in der Anwendung zu berücksichtigen, insbesondere die Nutzung von Indexstrukturen, die Optimierung von Anfragen und die Nutzung des Transaktionskonzepts, und schließlich
- über relationale Technologie hinausgehend, NoSQL-Datenbanken bewerten zu können und somit auch relationale Technologie besser einordnen zu können.

Inhalte Vorlesung Datenbanken <ul style="list-style-type: none"> • Einleitung und Übersicht über Datenbankmanagementsysteme • Datenbankentwurf: Entity-Relationship Modellierung, Funktionalitäten, (min, max)-Notation • Das relationale Modell: relationale Algebra, Tupelkalkül und Domänenkalkül • Relationale Anfragesprachen: SQL, Datendefinitions-, Datenmanipulations- und Datenbank-anfragesprache, Rekursion, Sichten, Query-by-Example • Datenintegrität: referentielle Integrität, Integritätsbedingungen, Trigger • Relationale Entwurfstheorie: funktionale Abhängigkeiten, mehrwertige Abhängigkeiten, Dekomposition von Relationen, Normalformen • Physische Datenorganisation: Indexstrukturen • Anfrageoptimierung: logische Optimierung, physische Optimierung • Transaktionsverwaltung • Überblick über NoSQL-Datenbanken 	
Zugangsvoraussetzung(en)	Keine
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Modul Einführung in die Programmierung
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Jedes Sommersemester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	<u>Schuhknecht, Univ.-Prof. Dr. Felix Bouros,</u> <u>Jun.-Prof. Dr. Panagiotis</u>
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Education - Informatik Bachelor of Science - Informatik
Literatur	
Sonstiges	

Technische Grundlagen der Informatik		08.079.080			
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Pflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	5 LP = 150 h				
Moduldauer	1 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Technische Informatik	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	39 h	2
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:					
Anwesenheit	Keine				
Begründung der Anwesenheitspflicht					
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3				
Studienleistung(en)					
Modulprüfung(en)	Auf Antrag an den Prüfungsausschuss kann eine mündliche Ergänzungsprüfung nach 3 Fehlversuchen gem. §13 Abs.5 genehmigt werden. Vorlesung Technische Informatik: Klausur (120 Minuten)				
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen					
<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • sind in der Lage, Schaltnetze und Schaltwerke zu verstehen, zu entwerfen, zu optimieren und zu testen • kennen grundlegende Rechnerstrukturen (wie z.B. Rechnerarithmetik und Zahldarstellungen, Addierer, Multiplexer, PLA, ALU) und haben damit die Fähigkeit zur Leistungsanalyse von Rechnern erworben; • verfügen über ein Grundverständnis für die Funktionsweise eines von-Neumann-Rechners • sind in der Lage, kleinere Assemblerprogramme zu schreiben <p>Das Modul vermittelt einen Einblick in die Struktur, Organisation und technische Realisierung von Rechnersystemen. Die Studierenden sollen dabei ein Verständnis für die Abläufe in einem Rechner entwickeln und lernen.</p>					
Inhalte					

Vorlesung Technische Informatik	
<ul style="list-style-type: none"> • Schaltfunktionen und ihre Darstellung • Boolesche Algebra • Multiplexer und Addiernetze • Optimierung und Test von Schaltnetzen • Schaltwerke und deren systematischer Entwurf • Zahlendarstellungen und Rechnerarithmetik • Programmierbare Logik (PLAs) • Organisationsplan eines von-Neumann-Rechners • Befehlsinterpretation • Architektur und Maschinenbefehle eines RISC-Prozessors • Assemblerprogrammierung • Speicherhierarchie • Eigenschaften moderner Rechnerarchitekturen 	
Zugangsvoraussetzung(en)	Keine
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Keine
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Jedes Semester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Schmidt, Univ.-Prof. Dr. Bertil Brinkmann, Univ.-Prof. Dr. André
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Education - Informatik Bachelor of Science - Informatik
Literatur	
Sonstiges	

Formale Sprachen und Berechenbarkeit		08.079.050			
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Pflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	5 LP = 150 h				
Moduldauer	1 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Formale Sprachen und Berechenbarkeit	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	39 h	2
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:					

Anwesenheit	Keine
Begründung der Anwesenheitspflicht	
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3
Studienleistung(en)	
Modulprüfung(en)	Auf Antrag an den Prüfungsausschuss kann eine mündliche Ergänzungsprüfung nach 3 Fehlversuchen gem. §13 Abs.5 genehmigt werden. Vorlesung Formale Sprachen und Berechenbarkeit: Klausur (120 min)
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen	
<p>Die Studierenden (Formale Sprachen und Berechenbarkeit)</p> <ul style="list-style-type: none"> • verfügen über ein Verständnis für die Grundlagenfragen der Informatik; • kennen verschiedene Typen von Automaten und formalen Sprachen sowie deren Zusammenhänge; • kennen Verfahren zur Beurteilung der Berechenbarkeit und Entscheidbarkeit; • können mathematische Methoden zur Klärung von Grundlagenfragen der Informatik anwenden. <p>Vermittlung der theoretischen Grundlagen der Informatik, Beherrschung der formalen Konzepte</p>	
Inhalte	
<p>Vorlesung Formale Sprachen und Berechenbarkeit</p> <ul style="list-style-type: none"> • Formale Sprachen und Grammatiken, • endliche Automaten und Kellerautomaten, • Chomsky-Hierarchie • Turing-Maschinen, • Unentscheidbarkeit • Reduktionen 	
Zugangsvoraussetzung(en)	LAG 01 und ANA 01
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Keine
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Jedes Sommersemester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	<u>Althaus, Univ.-Prof. Dr. Ernst</u>
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik Master of Science - Naturwissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Informatik
Literatur	
Sonstiges	

Programmiersprachen					
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Pflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	5 LP = 150 h				
Moduldauer	1 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Programmiersprachen	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	39 h	2
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:					
Anwesenheit	Keine				
Begründung der Anwesenheitspflicht					
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3				
Studienleistung(en)					
Modulprüfung(en)	Auf Antrag an den Prüfungsausschuss kann eine mündliche Ergänzungsprüfung nach 3 Fehlversuchen gem. §13 Abs.5 genehmigt werden. Vorlesung Komplexitätstheorie: Klausur (120 min)				
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen					
<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • können den BNF-Formalismus anwenden, um die Syntax von Programmiersprachen zu modellieren; • können die Semantik einer Programmiersprache als Interpreter definieren; • kennen die fundamentalen Konzepte, aus denen Programmiersprachen zusammengesetzt sind • können Programmiersprachen anhand der verfügbaren Konzepte vergleichen. Vermittlung der theoretischen Grundlagen der Informatik, Beherrschung der formalen Konzepte 					
Inhalte					
<p>Programmiersprachen sind das wohl wichtigste Werkzeug zur Entwicklung von Software, und das Erlangen von Programmierkompetenzen setzt immer zunächst die Beherrschung einer Programmiersprache voraus. In der Veranstaltung "Programmiersprachen" wollen wir untersuchen, was eine Programmiersprache eigentlich ausmacht, woraus sie besteht. Dazu untersuchen wir grundlegende Programmierkonzepte: wozu sie dienen und wie sie funktionieren. Wir behandeln die folgenden Konzepte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Syntax • Interpreter Semantik • Variablen als Platzhalter • Funktionen erster und höherer Ordnung • Algebraische Datentypen und Pattern Matching • Rekursion • Veränderliche Variablen und Speicherverwaltung • Objektorientierung • Operationale Semantik 					
Zugangsvoraussetzung(en)	Modul Einführung in die Programmierung				

Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Gute Programmierkenntnisse und die Inhalte der Veranstaltung „Formale Sprachen und Berechenbarkeit“
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Jedes Sommersemester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Erdweg, Prof. Dr. Sebastian
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik
Literatur	
Sonstiges Rahmen des Moduls kann das Bonussystem angewendet werden (§5 Abs.11 und §17 Abs.4).	

08.079.055

Komplexitätstheorie					
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Pflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	5 LP = 150 h				
Moduldauer	1 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Komplexitätstheorie	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	39 h	2
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:					
Anwesenheit	Keine				
Begründung der Anwesenheitspflicht					
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3				
Studienleistung(en)					
Modulprüfung(en)	Auf Antrag an den Prüfungsausschuss kann eine mündliche Ergänzungsprüfung nach 3 Fehlversuchen gem. §13 Abs.5 genehmigt werden. Vorlesung Komplexitätstheorie: Klausur (120 min)				
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen					
Die Studierenden (Komplexitätstheorie) <ul style="list-style-type: none"> • kennen Maße für die Laufzeit- und Speicherplatzkomplexität von Algorithmen und Methoden zur Bewältigung von Komplexität; • können die Komplexität von mathematischen Fragestellungen beurteilen • kennen Lösungsverfahren für komplexe Problem und können diese anwenden Vermittlung der theoretischen Grundlagen der Informatik, Beherrschung der formalen Konzepte					
Inhalte					
Vorlesung Komplexitätstheorie <ul style="list-style-type: none"> • Algorithmusbegriff • Einfaches Rechnermodell und Aufwandsabschätzung • Klassen P und NP • NP-Vollständigkeit • Algorithmen für NP-vollständige Probleme 					
<ul style="list-style-type: none"> • Randomisierung • Einführung in die Kryptographie 					
Zugangsvoraussetzung(en)	LAG 01 und ANA 01				
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Keine				
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch				
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote					

Häufigkeit des Angebots	Jedes Wintersemester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	<u>Althaus, Univ.-Prof. Dr. Ernst</u>
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik Master of Science - Naturwissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Informatik
Literatur	
Sonstiges	

08.079.060

Datenstrukturen und effiziente Algorithmen

Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Pflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	9 LP = 270 h				
Moduldauer	1 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Datenstrukturen und effiziente Algorithmen	Vorlesung	P	4 SWS / 42 h	138 h	6
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3

Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:

Anwesenheit	-
Begründung der Anwesenheitspflicht	
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3
Studienleistung(en)	
Modulprüfung(en)	Auf Antrag an den Prüfungsausschuss kann eine mündliche Ergänzungsprüfung nach 3 Fehlversuchen gem. §13 Abs.5 genehmigt werden. Vorlesung Datenstrukturen und effiziente Algorithmen: Klausur (120 min)

Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen

Die Studierenden verstehen die wichtigen Basisalgorithmen der Informatik und können diese effizient implementieren und innerhalb anderer Fragestellungen einsetzen. Weiterhin können die Studierenden die Vor- und Nachteile verschiedener Algorithmen für die gleiche Fragestellung abschätzen und einen geeigneten Algorithmus auswählen. Die Studierenden sind in der Lage, die Entwurfsmuster der Algorithmen auf andere Fragestellungen zu übertragen. Das Grundwissen über effiziente Algorithmen und Datenstrukturen fördert die Problemlösungsfähigkeiten der Studierenden.

Inhalte

Vorlesung Datenstrukturen und effiziente Algorithmen

- grundlegende Datenstrukturen und Algorithmen: Sortieren, Suchbäume, Prioritätswarteschlangen, Skiplisten, Hashing, Union-Find
- Graphalgorithmen: Zusammenhangskomponenten, Wegesuche, Spannbäume, Matching, Flüsse
- Paradigmen des Algorithmenentwurfs: Divide & Conquer, dynamisches Programmieren, randomisierte Algorithmen, Greedy Strategien
- Analysetechniken: Analyse randomisierter Algorithmen, amortisierte Analyse

Zugangsvoraussetzung(en)	Module Einführung in die Programmierung, LAG 01 und ANA 01
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Keine
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	

Häufigkeit des Angebots	Jedes Wintersemester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	<u>Althaus, Univ.-Prof. Dr. Ernst</u> <u>Schömer, Univ.-Prof. Dr. Elmar</u>
Verwendbarkeit des Moduls in den Studiengängen	Bachelor of Education - Informatik Bachelor of Science - Informatik
Literatur	
Sonstiges	
Das APC Praktikum findet semesterbegleitend statt. Die 3 LP werden im Wahlpflichtbereich C angerechnet.	

Wahlpflichtmodule Informatik

Zusätzlich zu den hier aufgeführten Wahlpflichtmodulen können auch die unter „Vertiefungsmodule Informatik“ aufgeführten Module als Wahlpflichtmodule im Bachelorstudiengang Mathematik-Informatik eingebracht werden. In diesem Fall kann jeweils das Seminar weggelassen werden, so dass sich 9 LP und 270 h Workload ergeben.

Mathematische Modellierung am Rechner					
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h				
Moduldauer	2 Semester				
	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Lehrveranstaltungen					
Mathematische Modellierung am Rechner 1	Tutorium	P	1 SWS / 10.5 h	19 h	1
Mathematische Modellierung am Rechner 2	Tutorium	P	1 SWS / 10.5 h	19 h	1
Mathematische Modellierung am Rechner 1	Praktikum	P	2 SWS / 21 h	39 h	2
Mathematische Modellierung am Rechner 2	Praktikum	P	2 SWS / 21 h	39 h	2
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:					
Anwesenheit	Praktikum Mathematische Modellierung am Rechner 1 Praktikum Mathematische Modellierung am Rechner 2				
Begründung der Anwesenheitspflicht	Praktikum: § 5 Abs. 5 Prüfungsordnung.				
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3				
Studienleistung(en)	Portfolio in beiden Praktika				
Modulprüfung(en)					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen					
<p>Die Studierenden haben ein tieferes Verständnis des Bezugs von abstrakten mathematischen Strukturen zu konkreten Anwendungen in der Praxis der Informatik und verwandter Disziplinen. Sie können einen Bezug zwischen den in den Grundvorlesungen der Mathematik eingeführten mathematischen Abstraktionen, intuitiver Anschauungen, die diese motivieren, und deren praktischer Implementation am Rechner herstellen. Die Studierenden kennen exemplarisch einfache numerische und computer-algebraische Verfahren mit den dazugehörigen Datenstrukturen, Algorithmen, und softwarearchitektonischen Umsetzungen. Sie sind in der Lage, einfache mathematische Modellierungsprobleme selbständig zu lösen und eine Softwarelösung dazu zu entwickeln. Die Studierenden können nach diesem Modul den Nutzen mathematisch-formaler Techniken für die Lösung komplizierter Probleme in der praktischen Informatik besser einschätzen.</p>					
Inhalte					

Der Dozent dieses Moduls wählt Inhalte der in den empfohlenen Voraussetzungen genannten Grundvorlesungen aus, die an praktischen Beispielen veranschaulicht werden und zu einer konkreten Anwendung gebracht werden sollen. Der Zusammenhang zwischen Theorie und Praxis wird den Studierenden in der Vorlesung erläutert; danach wird die praktische Anwendung direkt mit Übungen/kleinen Softwareprojekten am Rechner umgesetzt. Die genauen Inhalte können individuell an die jeweils gehaltenen Grundvorlesungen abgestimmt werden, folgenden Themenkomplexe bieten sich hier beispielsweise an:

- Geometrische Modellierung (2D Vektorgraphik) mit Mitteln der linearen Algebra (Vektoren, Matrizen, lineare Abbildungen).
- Gruppentheorie in graphischer Anschauung (lineare Abbildungen in 2D als Beispiel für nicht-abelsche Gruppen; geometrische Symmetrien als Beispiel für die Intuition, die die formale Gruppentheorie ursprünglich stark motiviert hat).
- Computeralgebra: Repräsentation von algebraischen Ausdrücken als Bäume von Objekten, Methoden als Operatoren, Vererbung und Invarianten als Aggregation von Axiomen, etc. Programmierung einfacher algebraischer Umformungen.
- Algebraische Kryptosysteme (RSA, DH); Implementation Algebraischer Operationen sowie einer Beispielverschlüsselung.
- Gewöhnliche Differentialgleichungen und (einfache) Simulationen, z.B. 2D Partikelsysteme.
- Numerische lineare Algebra (Datentypen, Lösen von Gleichungssystemen). Numerische Grundlagen (Genauigkeit, Fehlerfortpflanzung am Beispiel).
- Maschinelle Datenanalyse: z.B. der Zusammenhang zwischen Spektral Clustering / PageRank und Matrixfaktorisierung (Diagonalisierung und Eigenwertanalyse); ausgehend von einem einfachen „Power-Iteration“ Verfahren.
- Digitale Filter und 2D Bildverarbeitung.
- Kombinatorische Optimierung und Algorithmen auf Graphen

Zugangsvoraussetzung(en)	Einführung in die Programmierung, LAG 01 und ANA 01
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Für Mathematische Modellierung am Rechner 1 werden Kenntnisse aus der linearen Algebra vorausgesetzt, wie sie in LAG 01 vermittelt werden. Für Mathematische Modellierung am Rechner 2 werden Kenntnisse aus der multivarianten Analysis vorausgesetzt, wie sie ANA 01 und ANA2 vermittelt werden.
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	Unbenotet
Häufigkeit des Angebots	Das Modul wird jedes Jahr angeboten (Teil 1 und 2jeweils semesterweise im Wechsel)
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	<u>Wand, Michael</u> <u>Fischer, Frank</u>
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik
Literatur	
Sonstiges	Nicht verwendbar im Studiengang Master of Science – Mathematik-Informatik

Modellierung I (lineare Modelle)

08.079.314

Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 o. 9 o. 10 o. 13 LP = 180 - 390 h				
Moduldauer	1 - 2 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Modellierung I Übung zur Vorlesung	Vorlesung Übung	PP	2 SWS / 21 h	69 h	3
Hauptseminar	Hauptseminar	WP	2 SWS / 21 h	69 h	3
Praktikum	Praktikum	WP	2 SWS / 21 h	99 h	4
			2 SWS / 21 h	69 h	3
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:					
Anwesenheit	Hauptseminar Praktikum				
Begründung der Anwesenheitspflicht	Hauptseminar: Hauptseminar gemäß § 5 Abs. 5; Die Lernziele gründen auf der unmittelbaren Interaktion zwischen Studierenden. Neben der praktischen fachlichen Kompetenz sind wichtige Lernziele die Literaturrecherche, Präsentation und Diskussionsführung. Praktikum: § 5 Abs. 5 Prüfungsordnung.				
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3				
Studienleistung(en)	Praktikum: Portfolio				
Modulprüfung(en)	Vorlesung Modellierung I: In der Regel Klausur (120 min), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 min). Hauptseminar: Hausarbeit und Vortrag (falls gewählt)				
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen					
<p>Die Veranstaltung verbindet die Theorie mathematischer Modellierung mit der praktischen Umsetzung im Rechner. Betrachtet werden im wesentlichen lineare Modelle:</p> <p>Theorie: Die Studierenden verstehen die Struktur und die Anwendungsmöglichkeiten linearer mathematischer Modelle, sowie den approximativen Abgleich von linearen Modellen mit unpräzisen Daten mittels quadratischer Variationsansätze (least-squares). Sie verstehen auch die grundlegenden Probleme, die damit einhergehen (schlecht gestellte Probleme, Regularisierung, Charakteristiken von Rauschen, Ausdruckskraft linearer Modelle). Praxis: Die Studierenden sind in der Lage, die o.g. abstrakten Werkzeuge konkret in eine effiziente Implementation auf dem Computer umzusetzen. Dabei verstehen Sie, wie Information digital repräsentiert wird (Auflösungslimits, Aliasing) und sich die mathematischen Strukturen im Rechner abbilden lassen, insbesondere in Hinblick auf die Modellierung geometrischer und dynamischer Phänomene. Die Studierenden können projekt- und teamorientiert arbeiten.</p>					
Inhalte					

<p>Vorlesung Modellierung I Die Vorlesung behandelt lineare Modellierung, inklusive differentieller Modelle und quadratischer Optimierung. Wiederholung: mathematische Werkzeuge aus dem Grundstudium (Vektorräume, Funktionenräume, multi-variate quadratische Polynome). Inverse Probleme: Analyse mittels Basistransformation (SVD), Regularisierung. Least-Squares: Grundlagen, Total-Least-Squares, Zusammenhang mit Matrixfaktorisierung, robuste Statistik mit nicht-quadratischen Modellen und deren Implementation mittels „iteratively-reweighted least-squares“. Datenstrukturen: für geometrische und dynamische Modellierung (Gitter, Meshes, Punktwolken, implizite Flächen). Signaltheorie: Abtastung und Rekonstruktion, (Anti-) Aliasing, Design linearer Basen. Irreguläre Abtastung. Differentielle Modellierung: Differentialgleichungen (DGLs, PDGLs), Funktionale über differentielle Eigenschaften, Modellierung und Analyse dynamischer Systeme. Diskretisierung: elementare Verfahren zur numerischen Behandlung. Variationsansätze: Modellierung durch Aufstellen und Minimieren von Energiefunktionalen. Beispiele für (vor allem quadratische) Funktionale und deren Anwendung für die Approximation von Messdaten und Regularisierung von Lösungen, Lösung durch direkte Optimierung und Charakterisierung der Lösung durch die Euler-Lagrange-Gleichung, „harte“ Zwangsbedingungen durch Lagrange-Multiplikatoren. In Vorlesung, Übungen und dem Praktikum werden Theorie und Praxis der linearen Modellierung miteinander verbunden.</p>	
Zugangsvoraussetzung(en)	Keine
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Zum Besuch des Moduls sind Grundkenntnisse der höheren Mathematik aus dem Grundstudium (LAG 01, ANA 01 evtl. STO) sowie gute Programmierkenntnisse (z. B. erworben durch Besuch von „Einführung in die Programmierung“ und „Einführung in die Softwareentwicklung“) notwendig. Kenntnisse aus dem Praktikum „Angewandte Mathematik am Rechner“ sowie der Vorlesung „Computer Graphik“ sind hilfreich, aber nicht zwingend nötig.
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Jedes Wintersemester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Wand, Michael
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Master of Science – Mathematik-Informatik Bachelor of Science - Informatik Master of Science - Naturwissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Informatik
Literatur	
Sonstiges	
Das Praktikum wird im zweiwöchigen Block in der vorlesungsfreien Zeit absolviert	

Modellierung II (statistische Datenmodellierung)					08.079.318
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 o. 9 o. 10 o. 13 LP = 180 - 390 h				
Moduldauer	1 - 2 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Modellierung II	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Hauptseminar	Hauptseminar	WP	2 SWS / 21 h	99 h	4
Praktikum	Praktikum	WP	2 SWS / 21 h	69 h	3
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:					
Anwesenheit	Hauptseminar Praktikum				
Begründung der Anwesenheitspflicht	Hauptseminar: Hauptseminar gemäß § 5 Abs. 5; Die Lernziele gründen auf der unmittelbaren Interaktion zwischen Studierenden. Neben der praktischen fachlichen Kompetenz sind wichtige Lernziele die Literaturrecherche, Präsentation und Diskussionsführung. Praktikum: § 5 Abs. 5 Prüfungsordnung.				
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3				
Studienleistung(en)					
Modulprüfung(en)	Vorlesung Modellierung II: In der Regel Klausur (120 min), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 min).				
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen					

Die Veranstaltung vertieft die Veranstaltung Modellierung I in Bezug auf statistische Methoden zur Modellierung von Strukturen in (beobachteten/gemessenen) Daten. Ziel ist es, zu verstehen, wie man die Frage „Muster in Daten zu verstehen“ in der Sprache der Wahrscheinlichkeitstheorie formalisieren kann, wie dies zu verschiedenen Algorithmen zur statistischen Datenanalyse (maschinelles Lernen) führt, und wo sich diese Prinzipien auch in aktuellen Verfahren auf Basis tiefer künstlicher Neuronaler Netze wiederfinden. Die Veranstaltung ist entsprechend weniger methodisch als analytisch ausgerichtet, komplementär zu anderen Angeboten im Bereich KI und maschinelles Lernen.

Studierende lernen in dieser Veranstaltung, wie man intuitive Begriffe von Verständnis von Daten mathematisch als Wahrscheinlichkeitsmodelle formalisieren kann, welche Grundlegenden Probleme dabei Auftreten können (insbesondere die Schwierigkeit, den Generalisierungsfehler abzuschätzen) und welche Maßnahmen dagegen angewandt werden können (Occam's Razor, automatische Steuerung der Modellkomplexität). Des Weiteren lernen Studierende eine Reihe von Modellierungswerkzeugen kennen, die Aspekte des Verhaltens komplexer Systeme beschreiben können, und mit denen man Strukturen in Daten beschreiben kann. Dazu zählt auch das Verhalten von statistisch lernenden Systemen selbst.

Die Vorlesung soll hinleiten zur Befähigung, aktuelle methodische und analytische Forschungsliteratur im Bereich des maschinellen Lernens selbstständig erschließen zu können. Die Veranstaltung kann zwar nur einen ersten Einblick in die vielfältigen Modelle und Ansätze bieten, legt aber damit wichtige Grundlagen zum Verständnis der Diskussion in diesem Gebiet

Inhalte

Vorlesung Modellierung II

Die Vorlesung besteht aus zwei wesentlichen Teilen:

1. Grundlagen der statistischen Datenmodellierung

- Induktive Schlüsse und empirische Erkenntnis
 - Statistische Modelle (Bayes & frequentistisch)
- Einführung in die Informationstheorie, informationstheoretische Maße (Divergenzen, mutualinformation)
- Grundlegende Methoden der statistischen Datenanalyse und des maschinellen Lernens (statistische Regularisierung inverser Probleme, Lernen von Klassifizierern, Regressoren und generativer Modelle). Maximum-likelihood/-a-posteriori vs. Bayessche Inferenz
- Beispiele für konkrete Methoden (z.B. SVMs, Gaußsche Modelle).
- Tiefe künstliche neuronale Netze

2. Modellierung und Analyse komplexer Daten und Systeme:

- Eine Auswahl von fortgeschrittenen statistischen Modellierungstechniken (z.B. graphische Modelle, Kernmethoden, differentialgeometrischer Modelle/Manigfaltigkeiten)
- Grundlegende Prinzipien physikalischer Dynamik, Selbstorganisationsmechanismen (z.B. Phasenübergänge und kritische Punkte, Gleichgewichtsverteilungen)
- Betrachtung selbst-organisierender Lernverfahren auf Basis tiefer künstlicher neuronaler Netze)

Im zweiten Bereich sollen Verbindungen in aktuelle Forschungsergebnisse hergestellt werden. Entsprechend können Themenschwerpunkte je nach aktuellen Entwicklungen variieren. Die genannten konkreten Modellierungstechniken sind exemplarisch zu verstehen.

Zugangsvoraussetzung(en)	Keine
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Die Kenntnisse aus der Vorlesung Modellierung I werden vorausgesetzt. Für Studierende mit einem gleichwertigen mathematischen Hintergrund (z. B. Haupt/Nebenfach Mathematik, Physik oder Computational Science) sollte ein Einstieg auch ohne Veranstaltung „Modellierung I“ ebenfalls möglich sein. Vorkenntnisse in maschinellem Lernen sind nicht zwingend erforderlich, aber sehr hilfreich. Auch wenn keine formale Beschränkung besteht, ist die Veranstaltung eher für Studierende im Master als im Bachelor geeignet
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	

Häufigkeit des Angebots	Alle zwei Jahre
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	<u>Wand, Michael</u>
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Master of Science – Mathematik-Informatik Bachelor of Science - Informatik Master of Science - Naturwissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Informatik
Literatur	
Sonstiges	
Das Praktikum wird im zweiwöchigen Block in der vorlesungsfreien Zeit absolviert.	

Software Engineering					
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	8 LP = 240 h				
Moduldauer	1 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Software-Engineering / Software-Technik	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	39 h	2
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Software Engineering	Praktikum	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:					
Anwesenheit	Praktikum Software Engineering				
Begründung der Anwesenheitspflicht	Praktikum: § 5 Abs. 5 Prüfungsordnung.				
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3				
Studienleistung(en)	Praktikum Software Engineering: Portfolio				
Modulprüfung(en)	Auf Antrag an den Prüfungsausschuss kann eine mündliche Ergänzungsprüfung nach 3 Fehlversuchen gem. §13 Abs.5 genehmigt werden. Vorlesung Software-Engineering / Software-Technik: Klausur (120 Minuten)				
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen					
<p>Zusammengefasst sollen Studierende nach Absolvierung des Moduls in der Lage sein</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vorgehensweisen und Hilfsmittel der Softwaretechnik in den verschiedenen Phasen der Software-Entwicklung und -Wartung einschätzen und anwenden zu können, • adäquate Vorgehensmodelle für bestimmte Arten von Softwaresystemen und Entwicklungsprojekten auszuwählen, • präzise Anforderungsdokumente zu schreiben sowie sicher die Unterscheidung zwischen Benutzer- und Systemanforderungen und -funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen anzuwenden, • passende Muster aus bekannten Sammlungen von Entwurfs- und Architekturmustern auszuwählen und deren Vor- und Nachteile zu erklären, • Testfälle abzuleiten sowie verschiedene Werkzeuge der Verifikation und Validierung (verschiedene Arten von Tests, Inspektionen/Reviews, ...) richtig einzusetzen, und schließlich • Konzepte des Softwareprojektmanagements und des Softwarequalitätsmanagements zu erklären und somit Vorgehensmodelle in einen größeren Kontext einzuordnen 					
Inhalte					
<p>Vorlesung Software-Engineering / Software-Technik</p> <p>Software-Engineering ist die Teildisziplin der Informatik, welche sich mit der Entwicklung und Anwendung von Prinzipien, Methoden und Werkzeugen zur Erstellung, zum Betrieb und zur Wartung von großen Softwaresystemen befasst. Verschiedene Vorgehensmodelle werden diskutiert, die allesamt folgende Teilschritte umfassen: Anforderungsspezifikation, Entwurf (Architektur und Low-Level Entwurf) sowie Verifikation und Validierung. Zudem werden die Projektmanagementaspekte erklärt: Software Projekt Management, Projektplanung und Softwarequalität. Abgerundet wird die Veranstaltung durch moderne Themen wie service-orientierte Architekturen und aspekt-orientierte Softwareentwicklung.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Softwaretechnik: Definition, Arten von Software, Aktivitäten: Spezifikation, Entwicklung, Validierung und Evolution 					

- Prozesse: Wasserfall Modell, V-Modell, Boehm's Spiralenmodell, RUP (moderne generische Prozessmodelle), agile Methoden (Scrum, XP, ...)
- Anforderungsspezifikation: Benutzer- und Systemanforderungen, Lastenheft und Pflichtenheft, funktionale und nicht-funktionale Anforderungen, Qualitätsmerkmale von Anforderungen
- Entwurf: Architektur- und Entwurfsmuster nach Buschmann und Ko-Autoren,
- Verifikation und Validierung: Inspektion (Code Review), Testarten, Defect Test, Validierungstest, Unit Test, Komponententest, Systemtest, Regressionstest
- Projektmanagement: Risikomanagement, Kontingenzplan, Persönlichkeitstypen
- Projektplanung: Meilensteine, Deliverables, Gantt Charts
- Kostenschätzung: COCOMO2 model
- Qualitätsmanagement: Qualitätsplan, ISO 9001 Standard, Softwaremetriken, CMMI Modell zur Prozessverbesserung

Zugangsvoraussetzung(en)	Keine
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Modul Einführung in die Softwareentwicklung
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	Die Note geht mit 5 LP in die Abschlussnote ein.
Häufigkeit des Angebots	Jedes Wintersemester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Kramer, Univ.-Prof. Dr. Stefan Theodor
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science – Informatik
Literatur	
Sonstiges	
Das Praktikum wird in einem zweieinhalbwöchigen (ganztags) Block im Anschluss an die Vorlesung absolviert.	

Wahlpflichtfach

Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Pflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	13 LP = 390 h				
Moduldauer	2 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:					
Anwesenheit	Keine				
Begründung der Anwesenheitspflicht					
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3				
Studienleistung(en)					
Modulprüfung(en)	Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (20 min)				
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen					
Vertiefung in einer der angebotenen Vertiefungen der Informatik					
Inhalte					
<p>Es können alle Lehrveranstaltungen aus dem Wahlpflichtangebot der Informatik belegt werden. Zu belegen sind eine Vorlesung inklusive Übung, ein Praktikum und ein Seminar. Beispiele für belegbare Module sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Betriebssysteme • Kommunikationsnetze • FPGA-Programmierung • IT-Sicherheit • High Performance Computing • Design Patterns • Datenbank-Engineering • Nicht-Standard Datenbanken • Vertrauenswürdige Datenbanken / Blockchains • Data Mining • Machine Learning • Big Data • Computergraphik 1 • Sprach- und Compilerbau • Graphalgorithmen • Fortgeschrittene Algorithmen • Programmanalyse • Quanteninformatik für Informatiker • Einführung in die Computationale Logik • Algorithmen und Techniken der Optimierung <p>Es gelten die Prüfungsbedingungen des B.Sc. Informatik. Weitere Informationen zu den einzelnen Modulen können dem <u>Modulhandbuch</u> des B.Sc. Informatik entnommen werden.</p>					
Zugangsvoraussetzung(en)	Modul Einführung in die Programmierung				

Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Keine
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	13 LP
Häufigkeit des Angebots	Jedes Semester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Alle Dozenten der Informatik
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science – Mathematik-Informatik
Literatur	
Sonstiges	

A1 - Vertiefungsmodule Informatik

Vertiefungsmodule Informatik sind Bestandteil des Masterstudiengangs Mathematik-Informatik. In jedem Modul ist sowohl eine Vorlesung plus Übung, ein Hauptseminar und ein Praktikum zu belegen.

Bereits im B.Sc.-Studiengang belegte Module können nicht als Vertiefungsmodule gewählt werden. Das Modul wird über zwei Modulteilprüfungen (Vorlesung und Hauptseminar) geprüft. Die meisten Module werden nur jährlich angeboten. In der Regel werden die Vertiefungsmodule im ersten und zweiten oder zweiten und dritten Semester belegt.

Die hier aufgeführten Module können auch als Wahlpflichtmodule im Bachelorstudiengang Mathematik-Informatik eingebracht werden. In diesem Fall kann jeweils das Seminar weggelassen werden, so dass sich 9 LP und 270 h Workload ergeben.

Fortgeschrittene Algorithmen						08.079.450
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	13 LP = 390 h					
Moduldauer	1 - 2 Semester					
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP	
Fortgeschrittene Algorithmen	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3	
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3	
Hauptseminar	Hauptseminar	P	2 SWS / 21 h	99 h	4	
Praktikum	Praktikum	P	2 SWS / 21 h	69 h	3	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit	Hauptseminar Praktikum					
Begründung der Anwesenheitspflicht	Hauptseminar: Hauptseminar gemäß § 5 Abs. 5; Die Lernziele gründen auf der unmittelbaren Interaktion zwischen Studierenden. Neben der praktischen fachlichen Kompetenz sind wichtige Lernziele die Literaturrecherche, Präsentation und Diskussionsführung. Praktikum: § 5 Abs. 5 Prüfungsordnung.					
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3					
Studienleistung(en)	Praktikum: Portfolio					
Modulprüfung(en)	Vorlesung Fortgeschrittene Algorithmen: In der Regel Klausur (120 min), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 min). Hauptseminar: Hausarbeit und Vortrag					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						

Der/die Studierende <ul style="list-style-type: none"> • kennt weiterführende methodische Ansätze für den Entwurf und die Analyse von Algorithmen, • identifiziert algorithmische Probleme aus unterschiedlichen Bereichen und kann diese entsprechend formal darstellen, • kann die Berechnungskomplexität algorithmischer Probleme aus unterschiedlichen Bereichen analysieren und einschätzen, • kann geeignete algorithmische Lösungstechniken anwenden und neue Algorithmen entwerfen 	
Inhalte	
Vorlesung Fortgeschrittene Algorithmen	
<ul style="list-style-type: none"> • Vertiefende Ansätze für aus der Veranstaltung „Datenstrukturen und effiziente Algorithmen“ (DSeA) bekannte Fragestellungen • Online-Algorithmen • Parametrisierte Analyse • Analysemethodik außerhalb der worst-case-Betrachtung • Aktuelle Themen der Algorithmik 	
Zugangsvoraussetzung(en)	Keine
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Module "Komplexitätstheorie" und "Datenstrukturen und effiziente Algorithmen"
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Alle zwei Jahre
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Althaus, Univ.-Prof. Dr. Ernst
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik Master of Science - Naturwissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Informatik
Literatur	
Sonstiges	

Algorithmen und Techniken der Optimierung

Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	13 LP = 390 h				
Moduldauer	1 - 2 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Algorithmen und Techniken der Optimierung	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Hauptseminar	Hauptseminar	P	2 SWS / 21 h	99 h	4
Praktikum	Praktikum	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:					
Anwesenheit	Hauptseminar Praktikum				
Begründung der Anwesenheitspflicht	Hauptseminar: Hauptseminar gemäß § 5 Abs. 5; Die Lernziele gründen auf der unmittelbaren Interaktion zwischen Studierenden. Neben der praktischen fachlichen Kompetenz sind wichtige Lernziele die Literaturrecherche, Präsentation und Diskussionsführung. Praktikum: § 5 Abs. 5 Prüfungsordnung.				
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3				
Studienleistung(en)	Praktikum: Portfolio				
Modulprüfung(en)	Vorlesung Algorithmen und Techniken der Optimierung: In der Regel Klausur (120 min), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 min). Hauptseminar: Hausarbeit und Vortrag (falls gewählt)				
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen					
<p>Nach Absolvieren des Moduls sollten Studierende:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundlegende Lösungsverfahren für Lineare und Gemischt-Ganzzahlige Optimierungsprobleme in Standardform kennen. • Kombinatorische Optimierungsprobleme sowie praktische Problemstellung als gemischt-ganzzahliges Programm modellieren formulieren können. • Fortgeschrittene Lösungsverfahren und Dekompositionstechniken kennen und für Anwendungsprobleme geeignete Techniken auswählen und einsetzen können. • Auf linearer Optimierung basierende Approximations- und Rundungstechniken kennen 					
Inhalte					
Vorlesung Algorithmen und Techniken der Optimierung					
<ul style="list-style-type: none"> • Algorithmen der Linearen und ganzzahligen Optimierung • Modellierungstechniken für kombinatorische und gemischt-ganzzahlige Probleme • Dekompositionstechniken: Lagrange-Relaxation, Dantzig-Wolfe-Dekomposition, Benders Dekomposition • LP-basierte Rundungstechniken, Iterative-Rounding 					
Zugangsvoraussetzung(en)	Keine				

Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Modul Datenstrukturen und effiziente Algorithmen, sowie solide Kenntnisse der Linearen Algebra
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Jedes Sommersemester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Fischer, Frank
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science – Informatik Master of Science - Naturwissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Informatik
Literatur	
Sonstiges	
Das Praktikum wird im zweiwöchigen Block in der vorlesungsfreien Zeit absolviert.	

Machine Learning

Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	13 LP = 390 h				
Moduldauer	1 - 2 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Machine Learning	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Hauptseminar	Hauptseminar	P	2 SWS / 21 h	99 h	4
Praktikum	Praktikum	P	2 SWS / 21 h	69 h	3

Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:

Anwesenheit	Hauptseminar Praktikum
Begründung der Anwesenheitspflicht	Hauptseminar: Hauptseminar gemäß § 5 Abs. 5; Die Lernziele gründen auf der unmittelbaren Interaktion zwischen Studierenden. Neben der praktischen fachlichen Kompetenz sind wichtige Lernziele die Literaturrecherche, Präsentation und Diskussionsführung. Praktikum: § 5 Abs. 5 Prüfungsordnung.
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3
Studienleistung(en)	Praktikum: Portfolio
Modulprüfung(en)	Vorlesung Machine Learning: In der Regel Klausur (120 min), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 min). Hauptseminar: Hausarbeit und Vortrag (falls gewählt)

Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen

Nach Absolvierung des Moduls sollen Studierende in der Lage sein

1. die innere Arbeitsweise wichtiger Algorithmen für (vor allem: überwachtes) maschinelles Lernen, deren Vor- und Nachteile sowie deren theoretische und praktische Eigenschaften erklären zu können,
2. Problemstellungen aus Anwendungsgebieten auf typische Machine Learning Tasks abbilden und adäquate Methoden auswählen zu können,
3. Maße für die Messung der Performance von Algorithmen des Machine Learning richtig einzusetzen sowie Output und Ergebnisse der Algorithmen bewerten, richtig einordnen und kritisch interpretieren zu können,
4. die Performance von Algorithmen des maschinellen Lernens sowie deren Modelle fehlerfrei und ohne verfälschte, optimistisch oder pessimistisch verzerrte Schätzungen in korrekten experimentellen Versuchsaufbauten evaluieren und vergleichen zu können, und die Performance von Algorithmen mit adäquaten Methoden optimieren zu können

Inhalte

Vorlesung Machine Learning <ul style="list-style-type: none"> • Entscheidungsbäume: Repräsentation, Lernen, Overfitting, Pruning • Ensembles: Boosting, Bagging, Random Forests • Evaluierung und Validierung: Testprotokolle, Hold-Out, Kreuzvalidierung, Fehlermaße, Lossfunktionen • Lineare Modelle: lineare Regression, Ridge Regression, logistische Regression • neuronale Netzwerke: Perceptron, Multi-Layer Perceptron, Back-Propagation • instanz-basiertes Lernen: k-NN, lokal gewichtetes Lernen, RBF Netzwerke, Case-Based Reasoning • Support Vector Machines: Margins, Kernels • Bayes'sches Lernen: Naive Bayes, Bayessche Netze, Repräsentation, d-Separierung, Inferenz, Junction Tree Algorithmus, Lernen • Deep Learning: Representation Learning, Convolutional Neural Networks (CNNs), Autoencoders, Generative Adversarial Networks (GANs), Long Short-Term Memory Networks (LSTMs), Dropout, Batch Normalization, Ausblick: Trustworthy AI und Explainable AI (XAI) 	
Zugangsvoraussetzung(en)	Keine
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Module Einführung in die Programmierung und Statistik
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Jedes Sommersemester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Kramer, Univ.-Prof. Dr. Stefan Theodor
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik Master of Science - Naturwissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Informatik
Literatur	
<p>Pattern Recognition and Machine Learning, Christopher M. Bishop, Second Printing Edition, Springer, 2011. Machine Learning, Tom Mitchell, McGraw-Hill, 1997. Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques, Fourth Edition, Ian H. Witten, Eibe Frank, Mark A. Hall, Christopher J. Pal, Morgan Kaufmann, 2016. Data Mining: Concepts and Techniques, Third Edition, Jiawei Han, Micheline Kamber, Morgan Kaufmann, 2011. Principles of Data Mining, David J. Hand, Heikki Mannila, Padhraic Smyth, MIT Press, 2001.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deep Learning, Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville, MIT Press, 2016. 	
Sonstiges	
Das Praktikum wird im zweiwöchigen Block in der vorlesungsfreien Zeit absolviert.	

Data Mining

Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	13 LP = 390 h				
Moduldauer	1 - 2 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Data Mining	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Hauptseminar	Hauptseminar	P	2 SWS / 21 h	99 h	4
Praktikum	Praktikum	P	2 SWS / 21 h	69 h	3

Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:

Anwesenheit	Hauptseminar Praktikum
Begründung der Anwesenheitspflicht	Hauptseminar: Hauptseminar gemäß § 5 Abs. 5; Die Lernziele gründen auf der unmittelbaren Interaktion zwischen Studierenden. Neben der praktischen fachlichen Kompetenz sind wichtige Lernziele die Literaturrecherche, Präsentation und Diskussionsführung. Praktikum: § 5 Abs. 5 Prüfungsordnung.
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3
Studienleistung(en)	Praktikum: Portfolio
Modulprüfung(en)	Vorlesung Data Mining: In der Regel Klausur (120 min), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 min). Hauptseminar: Hausarbeit und Vortrag (falls gewählt)

Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen

- Nach Absolvierung des Moduls sollen Studierende in der Lage sein
- die innere Arbeitsweise wichtiger Algorithmen für Data Mining, insbesondere für: Pattern Mining, Clustering, Graph Mining und statistisches relationales Lernen, deren Vor- und Nachteile sowie deren theoretische und praktische Eigenschaften erklären zu können,
 - Problemstellungen aus Anwendungsgebieten auf typische Data Mining Tasks abbilden und adäquate Methoden auswählen zu können,
 - Maße für die Messung der Performance von Algorithmen des Data Mining richtig einzusetzen sowie Output und Ergebnisse der Algorithmen bewerten, richtig einordnen und kritisch interpretieren zu können,
 - die Performance von Algorithmen des Data Mining sowie deren Modelle fehlerfrei und ohne verfälschte, optimistisch oder pessimistisch verzerrte Schätzungen in korrekten experimentellen Versuchsaufbauten evaluieren und vergleichen zu können, und die Performance von Algorithmen mit adäquaten Methoden optimieren zu können

Inhalte

Vorlesung Data Mining	
<ul style="list-style-type: none"> • Pattern Mining: Itemsets, APriori, FPGrowth, Borders, Free und Closed Sets, Constraint-Based Mining, Episode Rules • Clustering: k-Means, hierarchisches Clustering, modell-basiertes Clustering (EM) • Graph Mining: Grundlagen, AGM, gSpan • Stream Mining: Concept Drift, CountMinSketch • Pattern Mining auf Datenströmen: Moment Algorithmus, Closed Enumeration Tree (CET), SWIM Algorithmus 	
<ul style="list-style-type: none"> • Clustering auf Datenströmen: BIRCH Algorithmus, Clustering Features (CFs), CluStream, DenStream, ClusTree, StreamKM++ • Graph Stream Mining: Graph Coresets, AdaGraphMiner 	
Zugangsvoraussetzung(en)	Keine
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Keine
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Jedes Wintersemester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Kramer, Univ.-Prof. Dr. Stefan Theodor
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik Master of Science - Naturwissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Informatik
Literatur	
<p>Data Mining: Concepts and Techniques, Third Edition, Jiawei Han, Micheline Kamber, Morgan Kaufmann, 2011. Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques, Fourth Edition, Ian H. Witten, Eibe Frank, Mark A. Hall, Christopher J. Pal, Morgan Kaufmann, 2016. Principles of Data Mining, David J. Hand, Heikki Mannila, Padhraic Smyth, MIT Press, 2001. Machine Learning for Data Streams, Albert Bifet, Ricard Gavaldà, Geoffrey Holmes, Bernhard Pfahringer, MIT Press, 2018.</p>	
Sonstiges	
Das Praktikum wird im zweiwöchigen Block in der vorlesungsfreien Zeit absolviert	

High Performance Computing

Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	13 LP = 390 h				
Moduldauer	1 - 2 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
High Performance Computing	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Hauptseminar	Hauptseminar	P	2 SWS / 21 h	99 h	4
Praktikum	Praktikum	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:					
Anwesenheit	Hauptseminar Praktikum				
Begründung der Anwesenheitspflicht	Hauptseminar: Hauptseminar gemäß § 5 Abs. 5; Die Lernziele gründen auf der unmittelbaren Interaktion zwischen Studierenden. Neben der praktischen fachlichen Kompetenz sind wichtige Lernziele die Literaturrecherche, Präsentation und Diskussionsführung. Praktikum: § 5 Abs. 5 Prüfungsordnung.				
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3				
Studienleistung(en)	Praktikum: Portfolio				
Modulprüfung(en)	Vorlesung High Performance Computing: In der Regel Klausur (120 min), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 min). Hauptseminar: Hausarbeit und Vortrag (falls gewählt)				
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen					
HPC Architekturen charakterisieren können, Parallele Programmiersprachen miteinander vergleichen können, Beherrschung der parallelen Implementierung eines vorgegebenen Algorithmus in OpenMP, MPI, C++ Multi-threading und Vektorisierung, HPC Architekturen klassifizieren und kritisch evaluieren können, Effizienz und Skalierbarkeit einer parallelen Implementierung abschätzen können, Optimierung von parallelen Algorithmen auf unterschiedlichen parallelen Architekturen, Gesetze zur Beurteilung von Effizienz und Skalierbarkeit anwenden.					
Inhalte					
Vorlesung High Performance Computing Grundlagen des HPC, Programmiermodelle für Architekturen mit verteilten Speicher (z.B. MPI), Programmiermodelle für Architekturen mit geteiltem Speicher (z.B. OpenMP, C++ Multi-threading), HPC Architekturen, Vektorisierung, Implementierung und Evaluierung ausgewählter Algorithmen, Praktische Programmieraufgaben					
Zugangsvoraussetzung(en)	Keine				
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Keine				

Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Jedes Sommersemester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Schmidt, Univ.-Prof. Dr. Bertil
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik Master of Science - Naturwissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Informatik
Literatur	
Sonstiges	
Das Praktikum wird im zweiwöchigen Block in der vorlesungsfreien Zeit absolviert	

Accelerated Computing with GPUs					
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	13 LP = 390 h				
Moduldauer	1 - 2 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Accelerated Computing with GPUs	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Hauptseminar	Hauptseminar	P	2 SWS / 21 h	99 h	4
Praktikum	Praktikum	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:					
Anwesenheit	Hauptseminar Praktikum				
Begründung der Anwesenheitspflicht	Hauptseminar: Hauptseminar gemäß § 5 Abs. 5; Die Lernziele gründen auf der unmittelbaren Interaktion zwischen Studierenden. Neben der praktischen fachlichen Kompetenz sind wichtige Lernziele die Literaturrecherche, Präsentation und Diskussionsführung. Praktikum: § 5 Abs. 5 Prüfungsordnung.				
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3				
Studienleistung(en)	Praktikum: Portfolio				
Modulprüfung(en)	Vorlesung Accelerated Computing with GPUs: In der Regel Klausur (120 min) ansonsten mündl. Prüfung (20 - 30 min) Hauptseminar: Hausarbeit und Vortrag (falls gewählt)				
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen					
Die GPU Architektur und das PRAM Model charakterisieren können, CUDA, OpenACC und PRAM Programme miteinander vergleichen können, Beherrschung der parallelen Implementierung eines vorgegebenen sequentiellen Algorithmus in CUDA, OpenACC und PRAM, Effizienz einer parallelen CUDA/PRAM Implementierung kritisch bewerten können, CUDA Code Optimierung, Parallelität in sequenziellen Algorithmen identifizieren können, Parallelisierung für GPU Cluster, praktische Programmieraufgaben					
Inhalte					
Vorlesung Accelerated Computing with GPUs Grundlagen von parallelen Algorithmen und Architekturen, PRAM Modelle, GPU Architekturen, CUDA Programmiermodell, Parallele Reduktion, Paralleles Sortieren, Optimierung der GPU Speicherhierarchien (Shared Memory, Constant Memory, Warp Shuffles), OpenACC, Programmierung und Algorithmen für GPU Cluster, Praktische GPU Programmieraufgaben, Grundlagen von Parallelität.					
Zugangsvoraussetzung(en)	Keine				
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Module Einführung in die Programmierung und Datenstrukturen und effiziente Algorithmen				
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch				

Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Jedes Wintersemester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Schmidt, Univ.-Prof. Dr. Bertil
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik Master of Science - Naturwissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Informatik
Literatur	
Sonstiges	
Das Praktikum wird im zweiwöchigen Block in der vorlesungsfreien Zeit absolviert.	

Computergrafik 1

Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	13 LP = 390 h				
Moduldauer	1 - 2 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Computergrafik 1	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Hauptseminar	Hauptseminar	P	2 SWS / 21 h	99 h	4
Praktikum	Praktikum	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:					
Anwesenheit	Hauptseminar Praktikum				
Begründung der Anwesenheitspflicht	Hauptseminar: Hauptseminar gemäß § 5 Abs. 5; Die Lernziele gründen auf der unmittelbaren Interaktion zwischen Studierenden. Neben der praktischen fachlichen Kompetenz sind wichtige Lernziele die Literaturrecherche, Präsentation und Diskussionsführung. Praktikum: § 5 Abs. 5 Prüfungsordnung.				
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3				
Studienleistung(en)	Praktikum: Portfolio				
Modulprüfung(en)	Vorlesung Computergrafik 1: In der Regel Klausur (120 min), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 min). Hauptseminar: Hausarbeit und Vortrag (falls gewählt)				
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen					
Die Studierenden beherrschen die mathematischen Grundlagen der Visualisierungstechniken in der Computergrafik. Anhand von Demoprogrammen können sie zeitveränderliche, komplexe geometrische Szenen realistisch visualisieren und mehrdimensionale wissenschaftliche Datensätze adäquat präsentieren					
Inhalte					
Vorlesung Computergrafik 1					
<ul style="list-style-type: none"> • affine und projektive Transformationen, elementare geometrische Algorithmen • Renderingtechniken in OpenGL • Sichtbarkeitsberechnungen, Beleuchtungsmodelle, Texturen, Schatten • Raytracing, Radiosity, Volumenvisualisierung, Deferred Rendering • Virtuelle Realität, Szenengraphen 					
Zugangsvoraussetzung(en)	Module Einführung in die Programmierung und LAG 01				
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	keine				
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch				

Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Jedes Wintersemester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Schömer, Univ.-Prof. Dr. Elmar
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik Master of Science - Naturwissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Informatik
Literatur	
Sonstiges	
Das Praktikum wird im zweiwöchigen Block in der vorlesungsfreien Zeit absolviert	

Computergrafik 2

Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	13 LP = 390 h				
Moduldauer	1 - 2 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Computergrafik 2	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Hauptseminar	Hauptseminar	P	2 SWS / 21 h	99 h	4
Praktikum	Praktikum	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:					
Anwesenheit	Hauptseminar Praktikum				
Begründung der Anwesenheitspflicht	Hauptseminar: Hauptseminar gemäß § 5 Abs. 5; Die Lernziele gründen auf der unmittelbaren Interaktion zwischen Studierenden. Neben der praktischen fachlichen Kompetenz sind wichtige Lernziele die Literaturrecherche, Präsentation und Diskussionsführung. Praktikum: § 5 Abs. 5 Prüfungsordnung.				
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3				
Studienleistung(en)	Praktikum: Portfolio				
Modulprüfung(en)	Vorlesung Computergrafik 2: In der Regel Klausur (120 min), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 min). Hauptseminar: Hausarbeit und Vortrag (falls gewählt)				
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen					
Die Studierenden beherrschen die mathematischen Grundlagen der Simulations- und Animationstechnik in der Computergrafik. Anhand von Demoprogrammen können sie physikalisch realistische Simulationen und Animationen selbstständig erstellen und visualisieren					
Inhalte					
Vorlesung Computergrafik 2					

<ul style="list-style-type: none"> • elementare geometrische Algorithmen, Kollisionserkennung und -reaktion • Kinematik und Dynamik von Starrkörpersystemen • Simulation von Feder-Masse-Systemen, Flüssigkeitssimulation • Robotik, Skinning • geometrisches Modellieren, parametrisierte Kurven und Flächen 	
Zugangsvoraussetzung(en)	Modul Computergrafik 1
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Keine
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Jedes Sommersemester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Schömer, Univ.-Prof. Dr. Elmar
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik Master of Science - Naturwissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Informatik
Literatur	
Sonstiges	
Das Praktikum wird im zweiwöchigen Block in der vorlesungsfreien Zeit absolviert	

Advanced Topics in Operating Systems

Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	13 LP = 390 h				
Moduldauer	1 - 2 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Advanced Topics in Operating Systems	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Hauptseminar	Hauptseminar	P	2 SWS / 21 h	99 h	4
Praktikum	Praktikum	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:					
Anwesenheit	Hauptseminar Praktikum				
Begründung der Anwesenheitspflicht	Hauptseminar: Hauptseminar gemäß § 5 Abs. 5; Die Lernziele gründen auf der unmittelbaren Interaktion zwischen Studierenden. Neben der praktischen fachlichen Kompetenz sind wichtige Lernziele die Literaturrecherche, Präsentation und Diskussionsführung. Praktikum: § 5 Abs. 5 Prüfungsordnung.				
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3				
Studienleistung(en)	Praktikum: Portfolio				
Modulprüfung(en)	Vorlesung Advanced Topics in Operating Systems: In der Regel Klausur (120 min), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 min). Hauptseminar: Hausarbeit und Vortrag (falls gewählt)				
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen					

Der Vorlesung „Advanced Topics in Operating Systems“ vermittelt die Inhalte aktueller Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Betriebssysteme und baut hierfür auf die Grundlagenvorlesung Betriebssysteme auf. Studierende erarbeiten sich dabei in Vorbereitung auf die Vorlesung eigenständig den Zugang zu Primärliteratur, die in der Vorlesung noch einmal vorgestellt und gemeinsam diskutiert wird. Lernziele sind dabei das Verständnis neuer Ansätze zur Entwicklung von Betriebssystemarchitekturen, Betriebssystem-nahe Aspekte der IT-Sicherheit, Virtualisierungs-technologien sowie der Einfluss von Mehrkernarchitekturen auf die Entwicklung von Betriebssystemen. Die Vorlesung vermittelt die Kompetenzen, aktuelle Forschungsfragen auf dem Gebiet der Betriebssysteme zu verstehen, sich fachspezifische Primärliteratur zu erarbeiten und komplexe Aufgaben auf dem Gebiet der Hardware-nahe Programmierung und die Betriebssystementwicklung zu lösen.

Das in der Vorlesung zu erwerbende Verständnis dient in den Übungen als Grundlage praktischer Aufgaben, die als Lernergebnisse ebenfalls abgeprüft werden können. Die Übungen werden dabei vorrangig als Programmieraufgaben formuliert, in denen Änderungen und Ergänzungen des Linux-Kerns entwickelt werden. Hierzu wird zu Beginn die eigentliche Entwicklungsumgebung aufgebaut, anschließend wird der Kernel um einfache Systemaufrufe ergänzt und es werden abschließend Änderungen an dem Linux-Scheduler umgesetzt. Das Seminar vermittelt einen ausgewählten Überblick über aktuelle Forschungsthemen auf dem Gebiet der Betriebssysteme. Es vermittelt die Kompetenz, sich aktuelle Primärliteratur auf dem Gebiet der Betriebssysteme eigenständig zu erarbeiten und verschiedene Ansätze in einem gemeinsamen Kontext zu diskutieren. Als Lernergebnisse werden die in der Primärliteratur präsentierten Ergebnisse selbständig in einem Vortrag und einer schriftlichen Ausarbeitung aus der eigenen Sicht kommentiert vorgestellt. Weiterhin ist es eine Zielkompetenz des Seminars, aktiv an wissenschaftlichen Diskursen teilnehmen zu können und sich als Lernergebnis in die Diskussion zu Vorträgen aktiv einzubringen.

In dem Praktikum wird über die praktischen Programmieraufgaben in der Übung hinaus ein Programmierprojekt bearbeitet, in dem Betriebssystem-nahe Funktionen für oder kleinere Protokolle in dem Betriebssystem entwickelt werden. Die Lösungen für ein von dem Betreuer benanntes Problem werden dabei eigenständig entwickelt. Hierfür können zum Beispiel Änderungen des Managements von SSDs, zum Beispiel über Treiber für Zoned Namespace-SSDs, programmiert werden oder es kann das Handling von TLB-Shutdowns optimiert werden. Lernergebnis dient die zu entwickelnde Software sowie ein Kurzvortrag über die Ergebnisse

Inhalte

Vorlesung Advanced Topics in Operating Systems

Die Lehrveranstaltung, die Übung und das Praktikum vermitteln tiefergehende aktuelle Forschungsproblematiken auf dem Gebiet der Betriebssysteme für Arbeitsplatzrechner und Server, wobei die Themen „Nebenläufigkeit“ und „Sicherheit“ und „Virtualisierung“ stärker vertieft werden. Im Einzelnen werden folgende Themen behandelt:

1. Mikrokern-Betriebssysteme
2. Aktuelle Betriebssystemansätze am Beispiel von Singularity und Chromium
3. Betriebssysteme und IT-Sicherheit
4. Virtualisierungstechnologien
5. Performance-Evaluierungen
6. Caches und Betriebssysteme
7. SMP und Locking
8. Speichermanagement für Mehrkernarchitekturen

In dem Seminar werden aktuelle Forschungsthemen auf dem Gebiet der Betriebssysteme diskutiert. Hierfür sind jeweils aktuelle Forschungsarbeiten, die auf den Top-Konferenzen dieses Forschungsgebiets präsentiert werden, als Grundlage heranzuziehen.

Zugangsvoraussetzung(en)	Keine
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Module Einführung in die Programmierung und Technische Informatik
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch oder Englisch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Jedes Jahr
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Brinkmann, Univ.-Prof. Dr. André

Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik Master of Science - Naturwissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Informatik
Literatur	
Sonstiges	
Das Praktikum wird im zweiwöchigen Block in der vorlesungsfreien Zeit absolviert	

Datenbank-Engineering

Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	13 LP = 390 h				
Moduldauer	1 - 2 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Datenbank-Engineering	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Hauptseminar	Hauptseminar	P	2 SWS / 21 h	99 h	4
Praktikum	Praktikum	P	2 SWS / 21 h	69 h	3

Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:

Anwesenheit	Hauptseminar Praktikum
Begründung der Anwesenheitspflicht	Hauptseminar: Hauptseminar gemäß § 5 Abs. 5; Die Lernziele gründen auf der unmittelbaren Interaktion zwischen Studierenden. Neben der praktischen fachlichen Kompetenz sind wichtige Lernziele die Literaturrecherche, Präsentation und Diskussionsführung. Praktikum: § 5 Abs. 5 Prüfungsordnung.
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3
Studienleistung(en)	Praktikum: Portfolio
Modulprüfung(en)	Vorlesung Datenbank-Engineering: In der Regel Klausur (120 min), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 min). Hauptseminar: Hausarbeit und Vortrag (falls gewählt)

Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen

Zusammengefasst sollen Studierende nach Absolvierung des Moduls in der Lage sein:

- Prototypisch ein relationales DBMS mit den Schichten „Storage“, „Access“, und „Query Processor“ konstruieren zu können.
- Die wichtigsten Komponenten jeder Schicht konzeptuell verstehen und bewerten zu können.
- Die wichtigsten Repräsentationen jeder Schicht praktisch umsetzen zu können.
- Effiziente von ineffizienten Verfahren unterscheiden zu können.
- Bestehende DBMSs einordnen zu können.
- Abseits von komplexen DBMSs effiziente Datenverwaltung und -verarbeitung umsetzen können

Inhalte

Vorlesung Datenbank-Engineering

Mit dieser Veranstaltung lernen die Studierenden Konzepte kennen, die für Entwurf und Umsetzung eines (relationalen) Datenbank-Management-Systems (DBMS) erforderlich sind. Dabei werden die einzelnen Schichten eines DBMS nacheinander besucht und die wichtigsten Algorithmen und Datenstrukturen in diesem Kontext behandelt. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf Geschwindigkeit und Platzeffizienz der verwendeten Verfahren. Vorlesung und Übung lehren dabei die wichtigsten Konzepte, die anschließend im Praktikum praktisch angewendet werden sollen. Im Seminar werden aktuelle Forschungsthemen mit Bezug auf die DBMS-Entwicklung behandelt.

- Architektur eines DBMS: Schichten und Komponenten
- Physikalische Datenlayouts und Datenorganisation
- Datenkompression
- Speicher-Granularität, Ausnutzung der Speicherhierarchie: Stable Storage, Hauptspeicher, Caches
- Moderne Index-Strukturen (Baum-basiert, Hash-basiert, Bitmaps, adaptiv, ...)
- Abfrageverarbeitungs-Pipeline, Physikalische Operatoren (Joins, Gruppierung, ...)
- Abfrageoptimierung (regelbasiert, kostenbasiert, Join-Reihenfolge, ...)
- Concurrency Control (MVCC)
- Transaktionale Verarbeitung vs. Analytische Verarbeitung vs. Hybrid
- Verzahnung von DBMS und Betriebssystem/Hardware

Benchmarking

Zugangsvoraussetzung(en)	Keine
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Module Datenbanken und Datenstrukturen und effiziente Algorithmen
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Unregelmäßig, üblicherweise jedes Sommersemester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Schuhknecht, Univ.-Prof. Dr. Felix
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik Master of Science - Naturwissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Informatik
Literatur	
Sonstiges	
Das Praktikum wird im zweiwöchigen Block in der vorlesungsfreien Zeit absolviert.	

Vertrauenswürdige Datenbanken / Blockchains

Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	13 LP = 390 h				
Moduldauer	1 - 2 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Vertrauenswürdige Datenbanken / Blockchains	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Hauptseminar	Hauptseminar	P	2 SWS / 21 h	99 h	4
Praktikum	Praktikum	P	2 SWS / 21 h	69 h	3

Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:

Anwesenheit	Hauptseminar Praktikum
Begründung der Anwesenheitspflicht	Hauptseminar: Hauptseminar gemäß § 5 Abs. 5; Die Lernziele gründen auf der unmittelbaren Interaktion zwischen Studierenden. Neben der praktischen fachlichen Kompetenz sind wichtige Lernziele die Literaturrecherche, Präsentation und Diskussionsführung. Praktikum: § 5 Abs. 5 Prüfungsordnung.
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3
Studienleistung(en)	Praktikum: Portfolio
Modulprüfung(en)	Vorlesung Vertrauenswürdige Datenbanken / Blockchains: In der Regel Klausur (120 min), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 min). Hauptseminar: Hausarbeit und Vortrag (falls gewählt)

Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen

Zusammengefasst sollen Studierende nach Absolvierung des Moduls in der Lage sein:

- Die wichtigsten Konzepte, die stetig in Blockchain-Systemen eingesetzt werden, nachvollziehen und anwenden zu können.
- Blockchain-Systeme von klassischen Datenbank-Systemen abgrenzen zu können.
- Unterschiedliche Klassen von Blockchain-Systemen unterscheiden und bewerten zu können.
- Vor- und Nachteile verschiedener Ausführungsmodelle zu verstehen.
- Neuartige/unbekannte Blockchain-Systeme verstehen und bewerten zu können.
- Einen Überblick auf den aktuellen Stand der Forschung im Bereich Blockchain zu geben

Inhalte

<p>Vorlesung Vertrauenswürdige Datenbanken / Blockchains</p> <p>Blockchain ist derzeit eines der meistdiskutierten IT-Themen. Seit dem Aufkommen der Technologie in Form von Krypto-Währungen entstanden eine Vielzahl von Varianten, die auf unterschiedliche Anwendungsfälle und Anforderungen zugeschnitten sind. Ziel dieser Veranstaltung ist die es, die Kernaspekte dieser Technologie kennenzulernen und diese kritisch zu hinterfragen.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verteilte Transaktionsverarbeitung und Datenverwaltung • Vertrauen in unsicheren Umgebungen • Öffentliche Blockchain-Systeme • Private Blockchain-Systeme • Diskussion von wichtigen Systemen dieser Klassen. • Ausführungsmodelle und deren Modellierung • Konsensmechanismen • Performance und Garantieren • Anwendungen von Blockchains • Aktuelle Blockchain Forschung 	
Zugangsvoraussetzung(en)	Keine
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Modul Datenbanken
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Unregelmäßig, üblicherweise im Wintersemester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Schuhknecht, Univ.-Prof. Dr. Felix
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik Master of Science - Naturwissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Informatik
Literatur	
Sonstiges	
Das Praktikum wird im zweiwöchigen Block in der vorlesungsfreien Zeit absolviert	

Big Data

Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	13 LP = 390 h				
Moduldauer	1 - 2 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Big Data	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Hauptseminar	Hauptseminar	P	2 SWS / 21 h	99 h	4
Praktikum	Praktikum	P	2 SWS / 21 h	69 h	3

Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:

Anwesenheit	Hauptseminar Praktikum
Begründung der Anwesenheitspflicht	Hauptseminar: Hauptseminar gemäß § 5 Abs. 5; Die Lernziele gründen auf der unmittelbaren Interaktion zwischen Studierenden. Neben der praktischen fachlichen Kompetenz sind wichtige Lernziele die Literaturrecherche, Präsentation und Diskussionsführung. Praktikum: § 5 Abs. 5 Prüfungsordnung.
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3
Studienleistung(en)	Praktikum: Portfolio
Modulprüfung(en)	Hauptseminar: Hausarbeit und Vortrag (falls gewählt) Vorlesung Big Data: In der Regel Klausur (120 min), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 min).

Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen

Datensätze aus dem Bereich „Big Data“ lassen sich im Allgemeinen durch weitaus mehr charakterisieren als den reinen Speicheraufwand. In diesem Modul lernen Studierende, welche besonderen Herausforderungen sich aus der Beschaffenheit der Daten für deren Aufbereitung, Verarbeitung und Interpretation ergeben und wie sich diese Herausforderungen bewältigen lassen. Insbesondere erlernen die Studierenden grundlegende Techniken für den Entwurf und die Implementierung effizienter Verarbeitungsmethoden für Big Data in verteilten Rechnerumgebungen sowie Analysemethoden für die Komplexitätstheoretische Bewertung unterschiedlicher Lösungsansätze.

Inhalte

Vorlesung Big Data

- Grenzen der Aussagekraft großer Datenmengen
- Skalierbarkeit von Soft- und Hardware
- verteilte Dateisysteme
- Map-Reduce-Programmiermodell
- Komplexitätsanalyse von Map-Reduce-Programmen
- graphbasierte Workflow-Modelle als Erweiterung des einfachen Map-Reduce-Ansatzes (z. B. Apache Spark)
- Anwendungsbeispiele für Big-Data-Methoden (z. B. Webseitenbewertung durch PageRank, Ähnlichkeitsbestimmung hochdimensionaler Daten durch MinHashing,
- Clustering-Verfahren, Recommender-Systeme)

Zugangsvoraussetzung(en)	Keine
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Kenntnisse im Bereich der Programmierung, Datenbanken und Statistik
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Seminar: Englisch, ansonsten Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	Die Modulnote geht mit 13 LP in die Endnote ein.
Häufigkeit des Angebots	jährlich
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	<u>Hildebrandt, Univ.-Prof. Dr. Andreas</u>
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik Master of Science - Naturwissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Informatik
Literatur	
Leskovec J., Rajaraman A., Ullman J. Mining of Massive Datasets. 3rd Ed. Cambridge University Press. 2020. (http://mmds.org)	
Sonstiges	

Sprach- und Compilerbau						08.079.5100
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	13 LP = 390 h					
Moduldauer	1 - 2 Semester					
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP	
Sprach und Compilerbau	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3	
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3	
Hauptseminar	Hauptseminar	P	2 SWS / 21 h	99 h	4	
Praktikum	Praktikum	P	2 SWS / 21 h	69 h	3	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit	Hauptseminar Praktikum					
Begründung der Anwesenheitspflicht	Hauptseminar: Hauptseminar gemäß § 5 Abs. 5; Die Lernziele gründen auf der unmittelbaren Interaktion zwischen Studierenden. Neben der praktischen fachlichen Kompetenz sind wichtige Lernziele die Literaturrecherche, Präsentation und Diskussionsführung. Praktikum: § 5 Abs. 5 Prüfungsordnung.					
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3					
Studienleistung(en)	Praktikum: Portfolio					
Modulprüfung(en)	Vorlesung Sprach und Compilerbau: In der Regel Klausur (120 min), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 min). Hauptseminar: Hausarbeit und Vortrag (falls gewählt)					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • können eingebettete Programmiersprachen definieren; • können Sprachfeatures einer Kernsprache isolieren; • können Code Generierung zur Kompilierung von Programmen einsetzen; • können Programme nach in low-level Formate wie z.B. LLVM übersetzen; • können Compiler-Optimierungen realisieren 						
Inhalte						

<p>Vorlesung Sprach und Compilerbau</p> <p>Programmiersprachen sind das wohl wichtigste Werkzeug zur Entwicklung von Software. Doch was genau ist eine Programmiersprache und wie kann man eine neue Programmiersprache entwickeln? Dieser Frage geht die Vorlesung Sprach- und Compilerbau nach. Wir werden beispielsweise die folgenden Themen behandeln:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Was ist eine Programmiersprache, was sind domänenspezifische Programmiersprachen? • Einbettung einer Programmiersprache in eine andere Sprache • Syntaktischer Zucker, Makros und Desugaring Transformationen • Code-Generierung mittels Strings, Syntaxbäumen und Quasi-Quotation • Intermediate Representations wie zum Beispiel LLVM • Static single assignment • Compiler-Optimierungen wie zum Beispiel Constant-Propagation • Just-in-time Compilation • Garbage Collection 	
Zugangsvoraussetzung(en)	Keine
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Module Einführung in die Programmierung und Formale Sprachen und Berechenbarkeiten
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Jedes Wintersemester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Erdweg, Prof. Dr. Sebastian
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik Master of Science - Naturwissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Informatik
Literatur	
Sonstiges	
Das Praktikum wird im zweiwöchigen Block in der vorlesungsfreien Zeit absolviert	

Programmanalyse						08.079.732
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	13 LP = 390 h					
Moduldauer	1 - 2 Semester					
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP	
Programmanalyse	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3	
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3	
Hauptseminar	Hauptseminar	P	2 SWS / 21 h	99 h	4	
Praktikum	Praktikum	P	2 SWS / 21 h	69 h	3	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit	Hauptseminar Praktikum					
Begründung der Anwesenheitspflicht	Hauptseminar: Hauptseminar gemäß § 5 Abs. 5; Die Lernziele gründen auf der unmittelbaren Interaktion zwischen Studierenden. Neben der praktischen fachlichen Kompetenz sind wichtige Lernziele die Literaturrecherche, Präsentation und Diskussionsführung. Praktikum: § 5 Abs. 5 Prüfungsordnung.					
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3					
Studienleistung(en)	Praktikum: Portfolio					
Modulprüfung(en)	Vorlesung Programmanalyse: In der Regel Klausur (120 min), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 min). Hauptseminar: Hausarbeit und Vortrag (falls gewählt)					
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • können dynamische und statische Analysen gegeneinander abwägen; • können einfache dynamische Analysen implementieren; • können statische Typchecker definieren, implementieren und validieren; • können Datenflussanalysen und abstrakte Interpreter anwenden und diskutieren; • können Programmanalysen anhand ihrer Soundness, Recall und Precision bewerten. 						
Inhalte						

Vorlesung Programmanalyse

Programmanalysen sind ein fundamentales Werkzeug der Softwareentwicklung und treten in vielfältiger Form in der Praxis auf. Man kann dabei grob drei Einsatzgebiete von Programmanalysen unterscheiden:

1. Zum ***Bug Finding*** verwendet man Analysen, die Fehlerquellen in einem Programm auffinden bzw. die Abstinenz solcher Fehler validieren. Zum Beispiel: type checking, bounds checking, information
2. Für ***Compiler Optimierungen*** verwendet man Analysen, die Eigenschaften eines Programms berechnen, welche Optimierungen ermöglichen. Zum Beispiel: reaching definitions, constant propagation.
3. Für ***Editor Support*** verwendet man Analysen, die Informationen über ein Programm ableiten, um damit Tools zu speisen, die Entwickler beim Programmieren unterstützen. Zum Beispiel: Code completion, Refactorings.

Die Entwurfsmöglichkeiten für Programmanalysen sind entsprechend vielfältig und es haben sich verschiedene Analysetechniken etablieren können. Das Ziel der Veranstaltung "Programmanalysen" ist das Studierende die Grundlagen des Entwurfs von Programmanalysen erlernen, für ein gegebenes Einsatzgebiet geeignete Analysetechniken auswählen können um einfache Programmanalysen selbst entwickeln und bewerten können. Dazu werden wir eine Auswahl der folgenden Themen besprechen:

- Code smells
- Dynamische Analysen
- Statische Typsysteme
- Kontrollflussgraphen and Datenflussanalysen
- Abstrakte Interpretation
- Soundness, Recall und Precision

Zugangsvoraussetzung(en)	Keine
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Keine
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Jedes Sommersemester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Erdweg, Prof. Dr. Sebastian
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik Master of Science - Naturwissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Informatik
Literatur	
Sonstiges	
Das Praktikum wird im zweiwöchigen Block in der vorlesungsfreien Zeit absolviert.	

Strukturbasierte Bioinformatik

Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	13 LP = 390 h				
Moduldauer	1 - 2 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Strukturbasierte Bioinformatik	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Hauptseminar	Hauptseminar	P	2 SWS / 21 h	99 h	4
Praktikum	Praktikum	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:					
Anwesenheit	Hauptseminar Praktikum				
Begründung der Anwesenheitspflicht	Hauptseminar: Hauptseminar gemäß § 5 Abs. 5; Die Lernziele gründen auf der unmittelbaren Interaktion zwischen Studierenden. Neben der praktischen fachlichen Kompetenz sind wichtige Lernziele die Literaturrecherche, Präsentation und Diskussionsführung. Praktikum: § 5 Abs. 5 Prüfungsordnung.				
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3				
Studienleistung(en)	Praktikum: Portfolio				
Modulprüfung(en)	Vorlesung Strukturbasierte Bioinformatik: im Regelfall Klausur (Dauer 120 min), ansonsten mündl. Prüfung (Dauer 30 min) Hauptseminar: Hausarbeit und Vortrag (falls gewählt)				
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen					

Nach Absolvieren des Moduls besitzen die Studenten Kompetenzen im Entwurf effizienter Algorithmen für biologische Probleme. Sie beherrschen den sicheren Umgang mit computergestützten Methoden zur Modellierung und Simulation biologischer Systeme und haben in den Übungen zur Vorlesung praktische Kenntnisse in der Implementierung solcher Methoden erworben.
Im Praktikum lernen die Studenten, wichtige Bioinformatik-Tools auf praxisrelevante Probleme sicher anzuwenden.

Inhalte

Vorlesung Strukturbasierte Bioinformatik

- Grundlagen der Proteinstruktur (insbesondere sekundär, tertiär und quartär),
- energetische Bewertung und molekularmechanische Simulation,
- Grundlagen der Strukturvorhersage,
- Protein-Protein - und Protein-Ligand - Dockingverfahren,
- Praktische Anwendung von Tools zur Sequenz- (z.B. ClustalW, BLAST, ...),
- Struktur- (z.B. BALL/BALLView, Autodock, ...) und Netzwerkanalyse (Cytoscape, ...).

Im Seminar können darüber hinaus aktuelle Themen aus anderen Bereichen der Bioinformatik (z.B. RNA, Microarrays, Netzwerkanalyse, Genominformatik,...) bearbeitet werden.

Zugangsvoraussetzung(en)	Nachweis der aktiven Teilnahme an den Modulen LAG 01, ANA 01 und „Einführung in die Programmierung“
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	aktive Teilnahme am Modul "Einführung in die Bioinformatik"
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Vorlesung und Übungen jährlich im Sommersemester Hauptseminar in jedem Semester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Hildebrandt, Univ.-Prof. Dr. Andreas
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik Master of Science - Naturwissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Informatik

Literatur

Es gibt leider kaum aktuelle einführende Lehrbücher zur Materie. Etwas veraltet, aber immer noch sehr hilfreich ist "Molecular Modelling: Principles and Applications" von Andrew Leach.
Speziell für den Bereich "Wirkstoffentwurf" ist "Wirkstoffdesign: Entwurf und Wirkung von Arzneistoffen" von Gerhard Klebe zu empfehlen. Einen aktuelleren Überblick über die Strukturbioinformatik vermittelt "Structural Bioinformatics", herausgegeben von Jenny Gu und Philip Bourne.

Sonstiges

Das Seminar wird in englischer Sprache durchgeführt, Vortrag und Ausarbeitung sind vorzugsweise in Englisch anzufertigen, können jedoch auch in Deutsch angefertigt werden.

A2 - Spezialisierungsmodule Informatik

Alle im Vertiefungsbereich aufgeführten Module können auch im Spezialisierungsbereich gewählt werden. Während Vertiefungsmodule stets aus einer Vorlesung, einer Übung, einem Praktikum und einem Seminar bestehen (13 LP), ist das Format der Spezialisierungsmodule variabel.

Im Bereich der Informatik kann innerhalb eines Moduls neben der Vorlesung plus Übung noch ein Seminar gewählt werden.

Einführung in die Computationale Logik		08.079.565			
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 o. 10 LP = 180 - 300 h				
Moduldauer	1 - 2 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Einführung in die Computationale Logik	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Hauptseminar	Hauptseminar	WP	2 SWS / 21 h	99 h	4
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:					
Anwesenheit	Hauptseminar				
Begründung der Anwesenheitspflicht	Hauptseminar: Hauptseminar gemäß § 5 Abs. 5; Die Lernziele gründen auf der unmittelbaren Interaktion zwischen Studierenden. Neben der praktischen fachlichen Kompetenz sind wichtige Lernziele die Literaturrecherche, Präsentation und Diskussionsführung.				
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3				
Studienleistung(en)					
Modulprüfung(en)	Vorlesung Einführung in die Computationale Logik: In der Regel Klausur (120 min), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 min). Hauptseminar: Hausarbeit und Vortrag (falls gewählt)				
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen					
<p>Nach Absolvierung des Moduls sollen Studierende in der Lage sein</p> <ul style="list-style-type: none"> • Syntax, Semantik, Meta-Theorie und Beweis-Theorie der Aussagenlogik und der Prädikatenlogik erster Stufe im Kalkül des natürlichen Schließens übersichtsweise erklären zu können und Beweise im Kalkül für natürliches Schließen für sowohl Aussagenlogik als auch für Prädikatenlogik führen zu können, • in Beschreibungslogiken typische Aufgaben der Repräsentation von Wissen in Logik lösen zu können und eine gegebene einfache Domäne in einem gängigen Tool wie Protégé modellieren zu können, • Klausellogiken (propositional, relational oder voll) in Grundzügen bezüglich Syntax, Semantik und Meta-Theorie erklären zu können, einfache Programme der Logikprogrammierung mit Rekursion und Listen schreiben zu können, die dahinterliegenden Berechnungskonzepte (Suche, Unifikation, Resolution) erklären zu können und Programme mit Elementen der Meta-Programmierung erklären zu können, 					

- die Grundlagen des Lernens von logischen Regeln (bspw. Separate-and-Conquer) und das Lernen anhand von Meta-Regeln in Prädikatenlogik zweiter Stufe erklären zu können und
- schließlich die zwei Typen von probabilistischen Logiken unterscheiden können und Repräsentanten der zwei Typen anzugeben (bspw. Stochastic Logic Programs vs. ProbLog) und deren Funktionsweise darlegen zu können

Inhalte

Vorlesung Einführung in die Computationale Logik

- Aussagenlogik im Kalkül des natürlichen Schließens
- Prädikatenlogik im Kalkül des natürlichen Schließens
- Beschreibungslogiken: Syntax und Semantik, Modellierung in Protégé
- Klausellogiken und Logikprogrammierung: Rekursion, strukturierte Terme, Listen, einfache Programme, Syntax-/Semantik/Meta-Theorie von propositionaler Klausellogik, relationaler Klausellogik und voller Klausellogik, Resolution, Substitution und Unifikation, Unifikationsalgorithmus, SLD-Bäume, Beweisbäume, Meta-Programmierung, Abduktion
- Lernen von logischen Regeln: Separate-and-Conquer, pFOIL und FOIL, MetaGol
- probabilistische Logiken: Typ-I- und Typ-II-Semantik, Stochastic Logic Programs (SLPs), ProbLog

Zugangsvoraussetzung(en)	Keine
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Keine
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Alle zwei Jahre
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Kramer, Univ.-Prof. Dr. Stefan Theodor
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik Master of Science - Naturwissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Informatik

Literatur

Logic in Computer Science, Second Edition, Michael Huth, Mark Ryan, Cambridge University Press, 2004.
 Logical and Relational Learning, Luc De Raedt, Springer, 2010.
 Introduction to Statistical Relational Learning, Lise Getoor, Ben Taskar (Eds.), MIT Press, 2019.

Sonstiges

Das Praktikum wird im zweiwöchigen Block in der vorlesungsfreien Zeit absolviert.

Kryptographie

08.079.551

Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 o. 10 LP = 180 - 300 h				
Moduldauer	1 - 2 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP

Kryptographie	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Hauptseminar	Hauptseminar	WP	2 SWS / 21 h	99 h	4

Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:

Anwesenheit	Hauptseminar
Begründung der Anwesenheitspflicht	Hauptseminar: Hauptseminar gemäß § 5 Abs. 5; Die Lernziele gründen auf der unmittelbaren Interaktion zwischen Studierenden. Neben der praktischen fachlichen Kompetenz sind wichtige Lernziele die Literaturrecherche, Präsentation und Diskussionsführung.
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3
Studienleistung(en)	
Modulprüfung(en)	Vorlesung Kryptographie: In der Regel Klausur (120 min), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 min). Hauptseminar: Hausarbeit und Vortrag (falls gewählt)
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen	
Die Teilnehmer kennen die grundlegende mathematische Formalisierung von perfekt-sicheren und algorithmisch-sicheren Verschlüsselungsverfahren. Weiterhin kennen sie die existierenden modernen kryptographischen Verfahren und können diese bezüglich ihrer Sicherheit und Einsatzmöglichkeiten beurteilen. Die Teilnehmer kennen typische Anwendungen kryptographischer Verfahren und können den Einfluss des Quantum Computing auf die klassischen kryptographischen Verfahren einschätzen.	
Inhalte	
Vorlesung Kryptographie <ul style="list-style-type: none"> • Mathematische Grundlagen der Kryptographie • Grundlegende symmetrische und asymmetrische kryptographische Protokolle • Formalisierung und Beweise von Sicherheit • Zero-Knowledge-Verfahren • Pseudozufallszahlen, Hashfunktionen und Nachrichtenauthenzität • Anonymität • Mehr-Parteien-Berechnungen 	
Zugangsvoraussetzung(en)	Module LAG 01, ANA 01, "Komplexitätstheorie" und "Einführung in die Softwareentwicklung"
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Keine
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Alle zwei Jahre
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Althaus, Univ.-Prof. Dr. Ernst
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik Master of Science - Naturwissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Informatik
Literatur	
<p>Beutelspacher, Albrecht: Moderne Verfahren der Kryptographie: Von RSA zu Zero-Knowledge, Vieweg Verlag, 7. Aufl. 2010, ISBN 978-3834812285</p> <p>Beutelspacher, Albrecht et al: Kryptographie in Theorie und Praxis. Mathematische Grundlagen für elektronisches Geld, Internetsicherheit und Mobilfunk, Vieweg Verlag, 2.Aufl. 2010, ISBN 978-3834809773</p> <p>Buchmann, Johannes: Einführung in die Kryptographie, Springer Verlag, 5. Aufl. 2010, ISBN 978-3642111853</p>	
Sonstiges	

Quanteninformation für Informatiker					
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h				
Moduldauer	1 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Quanteninformation für Informatiker	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:					
Anwesenheit	keine				
Begründung der Anwesenheitspflicht					
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3				
Studienleistung(en)					
Modulprüfung(en)	Vorlesung Quanteninformation für Informatiker: In der Regel Klausur (120 min), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 min).				
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen					
<p>Die Studierenden erlernen die Grundlagen und den Formalismus der Quantenphysik - soweit für Quanteninformation und Quantencomputing relevant. Sie können mit Qubits umgehen und verstehen die Besonderheiten im Vergleich zu konventionellen Bits. Sie werden mit verschränkten Quantenzuständen vertraut und wissen um die zentrale Bedeutung von Verschränkung (Entanglement). Die Funktionsweise von Quantenkommunikation, Quantenteleportation und von einigen Quantenalgorithmien wird erarbeitet. Die Studierenden verstehen, bei welchen Problemen Quantencomputing vorteilhaft sein kann, und warum. Sie lernen einige experimentelle Plattformen für Quanteninformation und Quantencomputing kennen.</p>					
Inhalte					
Vorlesung Quanteninformation für Informatiker					
<ul style="list-style-type: none"> • Elementare Quantenphysik (Dirac-Notation, Axiome der Quantenmechanik, abrupte Quantendynamik des Messprozesses, kontinuierliche Quantendynamik der unitären Zeitentwicklung) • Qubits (Eigenschaften und Besonderheiten, "no cloning"-Theorem, Quantengatter, Quantenschaltkreise) • Verschränkung (Eigenschaften, Nichtlokalität, "no-signaling"-Theorem, Quantenteleportation) • Quanteninformations-Verarbeitung (Deutsch-Josza-Algorithmus - ist eine Funktion "balanced" oder nicht?, Quanten-Fourier-Transformation, Shor-Algorithmus - Faktorisieren, Grover-Algorithmus - Suche in einer unsortierten Liste, Quanten-Fehler-Korrektur) 					
Zugangsvoraussetzung(en)	Keine				
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	LAG 01 und ANA 01				
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch				
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote					
Häufigkeit des Angebots	Jedes Wintersemester				

Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Walz, Univ.-Prof. Dr. Jochen

Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik Master of Science - Naturwissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Informatik
Literatur	
Lehrbücher zur Quantenphysik, z.B. "Modern Quantum Mechanics," Jun J. Sakurai and Jim J. Napolitano, Pearson, 2014. Lehrbücher zur Quanteninformation, z.B. "Quantum Information," Stephen M. Barnett, Oxford Univ. Press, 2009. "Verschränkte Systeme. Die Quantenphysik auf neuen Wegen", Jürgen Audretsch, Wiley-VCH, 2005. "Quantum computing and quantum information," Michael A. Nielsen and Isaac L. Chuang, Cambridge Univ. Press, 2010. sowie aktuelle wissenschaftliche Veröffentlichungen, beispielsweise zur Quantenkommunikation über Satellit.	
Sonstiges	

Graphalgorithmen					
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 o. 10 LP = 180 - 300 h				
Moduldauer	1 - 2 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Graphalgorithmen	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Hauptseminar	Hauptseminar	WP	2 SWS / 21 h	99 h	4
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:					
Anwesenheit	Hauptseminar				
Begründung der Anwesenheitspflicht	Hauptseminar: Hauptseminar gemäß § 5 Abs. 5; Die Lernziele gründen auf der unmittelbaren Interaktion zwischen Studierenden. Neben der praktischen fachlichen Kompetenz sind wichtige Lernziele die Literaturrecherche, Präsentation und Diskussionsführung.				
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3				
Studienleistung(en)					
Modulprüfung(en)	Vorlesung Graphalgorithmen: In der Regel Klausur (120 min), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 min). Hauptseminar: Hausarbeit und Vortrag (falls gewählt)				
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen					
Der/die Studierende					
<ul style="list-style-type: none"> • kennt weiterführende methodische Ansätze für den Entwurf und die Analyse von Graphalgorithmen, • identifiziert algorithmische Probleme aus unterschiedlichen Bereichen und kann diese entsprechend formal formulieren, • kann die Berechnungskomplexität algorithmischer Probleme aus unterschiedlichen Bereichen analysieren und einschätzen und • kann geeignete algorithmische Lösungstechniken erkennen und neu entwerfen. 					

Inhalte	
Vorlesung Graphalgorithmen <ul style="list-style-type: none"> • Matching-Algorithmen • Randomisierte Graphalgorithmen • Parametrisierte Graphalgorithmen • Algorithmen für planare Graphen Aktuelle Themen der Algorithmik.	
Zugangsvoraussetzung(en)	Keine
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Module "Komplexitätstheorie" und "Datenstrukturen und effiziente Algorithmen"
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Alle zwei Jahre
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Althaus, Univ.-Prof. Dr. Ernst
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik Master of Science - Naturwissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Informatik
Literatur	
Sonstiges	
Die Vorlesung Graphalgorithmen kann auch ersatzweise für die Vorlesung Fortgeschrittene Algorithmen in der Vertiefung belegt werden	

Nicht-Standard-Datenbanken						08.079.230
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 o. 10 LP = 180 - 300 h					
Moduldauer	1 - 2 Semester					
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP	
Nicht-Standard-Datenbanken	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3	
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3	
Hauptseminar	Hauptseminar	WP	2 SWS / 21 h	99 h	4	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit	Hauptseminar					
Begründung der Anwesenheitspflicht	Hauptseminar: Hauptseminar gemäß § 5 Abs. 5; Die Lernziele gründen auf der unmittelbaren Interaktion zwischen Studierenden. Neben der praktischen fachlichen Kompetenz sind wichtige Lernziele die Literaturrecherche, Präsentation und Diskussionsführung.					
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3					

Studienleistung(en)	
Modulprüfung(en)	Vorlesung Nicht-Standard-Datenbanken: In der Regel Klausur (120 min), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 min). Hauptseminar: Hausarbeit und Vortrag (falls gewählt)
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen	
Mit dieser Veranstaltung vertiefen die Studierenden ihre Kenntnisse im Datenbankbereich, insbesondere im Bereich Nicht-Standard-Datenbanken. Studierende lernen als Basis semantische Datenmodelle kennen und können eine problemspezifische Transformation auf andere Modelle durchführen. Hierdurch werden Kompetenzen bzgl. der Abbildung und Auswahl von Nicht-Standarddatenbanken erlangt. Die Studierenden Techniken des komplexen Data Managements auch unter Einbeziehung von verteilten Datenbanksystemen	
Inhalte	
Vorlesung Nicht-Standard-Datenbanken <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen des Data Managements und Information Retrieval Verständnis von Datenstrukturen, Suchschlüsseln und Analyseoperationen, Techniken für Management und Indizierung von Daten, Informationretrieval; • Multidimensionale Datenmanagement • Komplexes Data Management (Arbeiten mit Spatial-, Unstrukturierten und Graphdatenbanken) • NoSQL – verteiltes Datenmanagement • Big Data • Cloud Computing 	
Zugangsvoraussetzung(en)	Keine
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Module Einführung in die Programmierung und Datenbanken
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch oder Englisch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Jedes Wintersemester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Bouros, Jun.-Prof. Dr. Panagiotis Schuhknecht, Univ.-Prof. Dr. Felix
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik Master of Science - Naturwissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Informatik
Literatur	
Sonstiges	
08.079.212	
Betriebssysteme	
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 o. 9 o. 10 o. 13 LP = 180 - 390 h
Moduldauer	1 - 2 Semester

Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Betriebssysteme	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Hauptseminar	Hauptseminar	WP	2 SWS / 21 h	99 h	4
Praktikum	Praktikum	WP	2 SWS / 21 h	69 h	3
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:					
Anwesenheit	Hauptseminar Praktikum				
Begründung der Anwesenheitspflicht	Hauptseminar: Hauptseminar gemäß § 5 Abs. 5; Die Lernziele gründen auf der unmittelbaren Interaktion zwischen Studierenden. Neben der praktischen fachlichen Kompetenz sind wichtige Lernziele die Literaturrecherche, Präsentation und Diskussionsführung. Praktikum: § 5 Abs. 5 Prüfungsordnung.				
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3				
Studienleistung(en)	Praktikum: Portfolio				
Modulprüfung(en)	Vorlesung Betriebssysteme: In der Regel Klausur (120 min), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 min). Hauptseminar: Hausarbeit und Vortrag (falls gewählt)				
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen					
<p>Die Vorlesung vermittelt als Lernergebnisse eine Übersicht über die Aufgaben von Betriebssystemen und die grundlegenden Betriebssystemkonzepte sowie auf dem Gebiet der Betriebssysteme genutzter Algorithmen und Protokolle. Diese Kenntnisse vermitteln die Kompetenz, um Implementierungen und Grenzen aktueller Betriebssysteme zu verstehen und in die Hardware-nahe Programmierung und die Betriebssystementwicklung einzusteigen.</p> <p>Das in der Vorlesung zu erwerbende Verständnis dient in den Übungen als Grundlage praktischer Aufgaben, die als Lernergebnisse ebenfalls abgeprüft werden können. Auf dem Gebiet der Scheduling-Algorithmen werden hierfür zum Beispiel Abarbeitungsreihenfolgen von Prozessen auf Basis verschiedener Eingabemuster berechnet oder es werden Formen des Umgangs mit dem Deadlock-Problem beispielhaft diskutiert. Weiterhin wird die Nutzung existierender Betriebssysteme eingeübt und es wird mit dem Betriebssystem interagierende Anwendungssoftware entwickelt. Hierfür wird zum Beispiel die Programmierung von Synchronisationskonstrukten mit praktischen Programmieraufgaben eingeübt. Die Übungen vermitteln somit die Kompetenzen, systemnahe Funktionen zu verwenden, betriebssystemnahe Anwendungen zu entwickeln und Betriebssystemdienste praktisch zu nutzen. Das Seminar vermittelt einen ausgewählten Überblick über aktuelle Forschungsthemen auf dem Gebiet der Betriebssysteme. Es vermittelt die Kompetenz, sich in aktuelle Primärliteratur auf dem Gebiet der Betriebssysteme einzuarbeiten. Als Lernergebnisse werden die in der Primärliteratur präsentierten Ergebnisse selbstständig in einem Vortrag und einer schriftlichen Ausarbeitung aus der eigenen Sicht kommentiert vorgestellt. Weiterhin ist es eine Zielkompetenz des Seminars, aktiv an wissenschaftlichen Diskursen teilnehmen zu können und sich als Lernergebnis in die Diskussion zu Vorträgen aktiv einzubringen.</p> <p>In dem Praktikum wird über die praktischen Programmieraufgaben in der Übung hinaus ein Programmierprojekt bearbeitet, in dem Betriebssystem-nahe Funktionen für oder kleinere Protokolle in dem Betriebssystem entwickelt werden. Hierfür kann zum Beispiel eine Shell entwickelt werden oder es können einfache Aufgaben des Managements von SSDs, zum Beispiel über Treiber für Zoned Namespace-SSDs, programmiert werden. Dabei werden die einzelnen Funktionen und Schnittstellen klar vorgegeben. Als Lernergebnis dient die zu entwickelnde Software sowie ein Kurzvortrag über die Ergebnisse.</p>					
Inhalte					

Die Lehrveranstaltung, die Übung und das Praktikum geben einen einführenden Überblick über die wichtigsten Konzepte heutiger Betriebssysteme für Arbeitsplatzrechner und Server, wobei die Themen "Synchronisation" und "Speicherverwaltung" und Speicherverwaltung stärker vertieft werden.

Im Einzelnen werden folgende Themen behandelt:

- Einführung: Aufgaben eines Betriebssystems, Aufbau von Rechnern, Betriebssystem-Konzepte, Systemaufrufe, Architektur von Betriebssystemen
- Prozesse und Threads: Grundlagen, Zustandsmodelle
- Synchronisation: kritische Bereiche, Sperren, Semaphore, Monitore, Bedingungsvariable
- Nachrichtenbasierte Prozessinteraktion: Nachrichtenaustausch, RPC, Signale
- Synchronisationsfehler: Verhungern von Prozessen, Deadlocks, Deadlock-Erkennung und -Vermeidung
- Prozess-Scheduling: FIFO, Round-Robin, Prioritäten, adaptives und Multilevel-Scheduling
- Speicherverwaltung: Aufbau des Adressraums, dynamische Speicherverwaltung, Swapping, seitenbasierte virtuelle Speicherverwaltung, Seitenersetzungsstrategien, Segmentierung
- Ein-/Ausgabe: Geräte, Zugriff auf Geräte
- Dateisysteme: Dateien und Dateizugriff, Verzeichnisse, Aufbau eines Dateisystems
- Schutz: Schutzmatrix, Schutzmonitor, Beispiele

In dem Seminar werden aktuelle Forschungsthematiken auf dem Gebiet der Betriebssysteme diskutiert. Hierfür sind jeweils aktuelle Forschungsarbeiten, die auf den Top-Konferenzen dieses Forschungsgebiets präsentiert werden, als Grundlage heranzuziehen

Zugangsvoraussetzung(en)	Keine
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Module Einführung in die Programmierung und Technische Informatik
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Jedes Jahr
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Brinkmann, Univ.-Prof. Dr. André Distler, Dr. Michael
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik Master of Science - Naturwissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Informatik
Literatur	
Sonstiges	
Das Praktikum wird im zweiwöchigen Block in der vorlesungsfreien Zeit absolviert	

Verteilte Systeme

Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 o. 9 o. 10 o. 13 LP = 180 - 390 h				
Moduldauer	1 - 2 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Verteilte Systeme	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3

Hauptseminar	Hauptseminar	WP	2 SWS / 21 h	99 h	4
Praktikum	Praktikum	WP	2 SWS / 21 h	69 h	3

Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:

Anwesenheit	Hauptseminar Praktikum
Begründung der Anwesenheitspflicht	Hauptseminar: Hauptseminar gemäß § 5 Abs. 5; Die Lernziele gründen auf der unmittelbaren Interaktion zwischen Studierenden. Neben der praktischen fachlichen Kompetenz sind wichtige Lernziele die Literaturrecherche, Präsentation und Diskussionsführung. Praktikum: § 5 Abs. 5 Prüfungsordnung.
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3
Studienleistung(en)	Praktikum: Portfolio
Modulprüfung(en)	Vorlesung Verteilte Systeme: In der Regel Klausur (120 Minuten), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 Minuten). Hauptseminar: Hausarbeit und Vortrag (falls gewählt)

Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen

In der Vorlesung werden vertiefende Kenntnis der Funktionsweise und des Aufbaus von verteilten Systeme und des Cloud Computings vermittelt. Studierende sind im Anschluss an die Lehrveranstaltung in der Lage, situationsgerecht Systemansätze (Client-Server, P2P, ...) zu benennen und auszuwählen und diese Auswahl zu begründen. Sie haben algorithmische Problemstellungen für verteilte Systeme verstanden, können aus einer allgemeinen Problembeschreibung die zu lösenden algorithmische Aufgabe isolieren und eine begründete Wahl treffen. Sie erarbeiten sich somit die Kompetenz, verteilte Systeme zur Erhöhung von Leistungsfähigkeit oder Fehlertoleranz zum Einsatz zu bringen und geeignet zu dimensionieren.

Die in der Vorlesung zu erwerbende Kompetenzen dienen in den Übungen als Grundlage praktischer Aufgaben, die als Lernergebnisse ebenfalls abgeprüft werden können. Auf dem Gebiet des Cloud Computings werden darüber hinaus zum Beispiel einfache Map-Reduce-Algorithmen entwickelt und implementiert, auf dem Gebiet der Kommunikation werden einfache Client-Server sowie Peer-to-Peer Architekturen aufgebaut und erweitert. Das Seminar vermittelt einen ausgewählten Überblick über aktuelle Forschungsthemen auf dem Gebiet der verteilten Systeme. Es vermittelt die Kompetenz, sich in aktuelle Primärliteratur auf dem Gebiet der verteilten Systeme einzuarbeiten. Als Lernergebnisse werden die in der Primärliteratur präsentierten Ergebnisse selbständig in einem Vortrag und einer schriftlichen Ausarbeitung aus der eigenen Sicht kommentiert vorgestellt. Weiterhin ist es eine Zielkompetenz des Seminars, aktiv an wissenschaftlichen Diskursen teilnehmen zu können und sich als Lernergebnis in die Diskussion zu Vorträgen aktiv einzubringen

Inhalte

Vorlesung Verteilte Systeme

In verteilten Systemen sind Kontrollfunktionen über verschiedene Systeme verteilt, die jeweils als unabhängige IT-Systeme implementiert sind. Diese Lehrveranstaltung behandelt konzeptionelle und architekturelle Fragestellungen beim Entwurf, Einsatz und Betrieb von verteilten Systemen in der Informatik. Es werden die Grundlagen verteilter Systeme und deren algorithmischen Herausforderungen diskutiert sowie Anwendungen aus den Gebieten der Client-Server Systeme sowie des Cloud Computings vorgestellt. Weiterhin werden die Leistungsbewertung und Verlässlichkeit von verteilten Systemen behandelt.

Im Einzelnen werden folgende Themen behandelt:

- Verteilte Systeme
- Einführung verteilte Systeme
- Fehler- und Zeitmodelle
- Kommunikationsbeziehungen in Verteilten Systemen
- Aufteilung in mehrstufige Architekturen
- Middleware, Prozess- und Codemigration
- Verteilte Zustände, Synchronisation
- Replikation und Konsistenz

<ul style="list-style-type: none"> • Verteilter gemeinsamer Speicher • Fehlertoleranz • Anwendungen•Verteilte Dateisysteme•Cloud Computing 	
Zugangsvoraussetzung(en)	Keine
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Module Einführung in die Programmierung und Technische Informatik
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Nicht regelmäßig
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Brinkmann, Univ.-Prof. Dr. André
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	
	Bachelor of Science - Informatik Master of Science - Naturwissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Informatik
Literatur	
Sonstiges	
Das Praktikum wird im zweiwöchigen Block in der vorlesungsfreien Zeit absolviert	

Kommunikationsnetze						08.079.286
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul					
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 o. 9 o. 10 o. 13 LP = 180 - 390 h					
Moduldauer	1 - 2 Semester					
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP	
Kommunikationsnetze	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3	
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3	
Hauptseminar	Hauptseminar	WP	2 SWS / 21 h	99 h	4	
Praktikum	Praktikum	WP	2 SWS / 21 h	69 h	3	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						

Anwesenheit	Hauptseminar Praktikum
Begründung der Anwesenheitspflicht	Hauptseminar: Hauptseminar gemäß § 5 Abs. 5; Die Lernziele gründen auf der unmittelbaren Interaktion zwischen Studierenden. Neben der praktischen fachlichen Kompetenz sind wichtige Lernziele die Literaturrecherche, Präsentation und Diskussionsführung. Praktikum: § 5 Abs. 5 Prüfungsordnung.
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3
Studienleistung(en)	Praktikum: Portfolio
Modulprüfung(en)	Vorlesung Kommunikationsnetze: In der Regel Klausur (120 min), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 min). Hauptseminar: Hausarbeit und Vortrag (falls gewählt)
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen	
<p>Diese Veranstaltung befähigt die Studierenden dazu, die inhärenten Prinzipien vernetzter und sicherer Kommunikation in Rechnernetzen (insbesondere im Internet) zu verstehen und zu bewerten. Hierzu werden sowohl die kommunikationstheoretischen Grundlagen der Datenübermittlung vermittelt, als auch deren Anwendung im Rahmen der Protokollentwicklung auf Basis des ISO/OSI-Schichtenmodells und des TCP/IP-Stacks diskutiert. Studierende können nach erfolgreichem Abschluss der Lehrveranstaltung daher als Lernergebnis die wesentlichen Aufgaben bei der Konstruktion eines Kommunikationsnetzes benennen und wesentliche Architekturansätze beschreiben, unterschiedliche Lösungen inklusive deren Vor- und Nachteile für Probleme der Netzwerkentwicklung aufzählen und gemäß der Anforderungen eine Lösung begründet auswählen. Sie sind in der Lage, Schwachstellen existierender Lösungen zu identifizieren. Als weiterführende Kompetenz werden sie in die Lage versetzt, neue Kommunikationsprotokolle zu entwickeln und deren Leistungsfähigkeit zu bewerten.</p> <p>Die Übungen sollen die Studenten in die Lage versetzen, dass theoretisch erworbene Wissen anzuwenden und auf neue Sachverhalte zu transferieren.</p> <p>Das Seminar vermittelt einen ausgewählten Überblick über aktuelle Forschungsthemen auf dem Gebiet der Kommunikationsnetze und vermittelt die Kompetenz, sich in aktuelle Primärliteratur auf dem Gebiet der Kommunikationsnetze einzuarbeiten. Als Lernergebnisse werden die in der Primärliteratur präsentierten Ergebnisse selbständig in einem Vortrag und einer schriftlichen Ausarbeitung aus der eigenen Sicht kommentiert vorgestellt. Weiterhin ist es eine Zielkompetenz des Seminars, aktiv an wissenschaftlichen Diskursen teilnehmen zu können und sich als Lernergebnis in die Diskussion zu Vorträgen aktiv einzubringen</p>	
Inhalte	
<p>Vorlesung Kommunikationsnetze Die Studierenden kennen die wesentlichen Grundlagen von Rechnernetzen; kennen die Sicherheitsprobleme, die durch die Vernetzung von Rechnern auftreten und Ansätze zu deren Lösung.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Theoretische Grundlagen der Datenübermittlung und Kodierungstheorie • Dienste und Protokolle, Kommunikationsarchitekturen, Internet-Protokolle • Weitverkehrsnetze, lokale Netze; Verlässlichkeit von (vernetzten) Systemen • Risiken, Sicherheitsprobleme, Angriffsszenarien, Sicherheitsverfahren und –dienste • Netzmanagement • Übertragungstechniken, Routing, Codierung • Kryptographische Methoden 	
Zugangsvoraussetzung(en)	Keine
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Module Einführung in die Programmierung und Technische Informatik
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	

Häufigkeit des Angebots	Jedes Jahr
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Brinkmann, Univ.-Prof. Dr. André Distler, Dr. Michael
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik
Literatur	
Sonstiges	
Das Praktikum wird im zweiwöchigen Block in der vorlesungsfreien Zeit absolviert.	

FPGA-Programmierung		08.079.20590			
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h				
Moduldauer	1 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
FPGA-Programmierung	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:					
Anwesenheit	Keine				

Begründung der Anwesenheitspflicht	
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3
Studienleistung(en)	
Modulprüfung(en)	Vorlesung FPGA-Programmierung: In der Regel Klausur (120 min), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 min).
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen	
<ul style="list-style-type: none"> • Programmieren von Field-Programmable Gate Arrays (FPGAs) in VHDL • Testen von VHDL-Programmen auf FPGAs • Schreiben und lesen von idiomatischem VHDL Code • Verständnis der digitalen Schaltungen in FPGAs • Übersicht über Algorithmen der Logikvereinfachung und von Place and Route • Kenntnisse von Lösungen zur Kommunikation zwischen Chips 	
Inhalte	
Vorlesung FPGA-Programmierung <ul style="list-style-type: none"> • Weshalb FPGAs? • Weshalb VHDL? • CMOS, Gatter, kombinatorische Logik • Register, Takt, Pipelines • Simulation • Synthese • Place & Route • Schnelle Schaltungen • VHDL Design Patterns • Synchronisation • Speicher und vordefinierte Logikblöcke (IP) • Busse und andere Interfaces • Anwendungsbeispiele 	
Zugangsvoraussetzung(en)	Keine
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Modul Technische Informatik
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Jedes Sommersemester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Berger, Univ.-Prof. Dr. Niklaus
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik
Literatur	
Sonstiges	

IT-Sicherheit						08.079.423
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul		Wahlpflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)		6 o. 9 o. 10 o. 13 LP = 180 - 390 h				
Moduldauer		1 - 2 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP	
IT-Sicherheit	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3	
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3	
Hauptseminar	Hauptseminar	WP	2 SWS / 21 h	99 h	4	
Praktikum	Praktikum	WP	2 SWS / 21 h	69 h	3	
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:						
Anwesenheit		Hauptseminar Praktikum				
Begründung der Anwesenheitspflicht		Hauptseminar: Hauptseminar gemäß § 5 Abs. 5; Die Lernziele gründen auf der unmittelbaren Interaktion zwischen Studierenden. Neben der praktischen fachlichen Kompetenz sind wichtige Lernziele die Literaturrecherche, Präsentation und Diskussionsführung. Praktikum: § 5 Abs. 5 Prüfungsordnung.				
Aktive Teilnahme		gemäß § 5 Abs. 3				
Studienleistung(en)		Praktikum: Portfolio				
Modulprüfung(en)		Vorlesung IT-Sicherheit: In der Regel Klausur (120 min), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 min). Hauptseminar: Hausarbeit und Vortrag (falls gewählt)				
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen						
Die Studierenden besitzen Kenntnisse und praktische Erfahrungen im Umgang mit den grundlegenden Risiken der Informationstechnik aus Vorlesung und Übungen. Methoden aus den Bereichen der Sicherheitsanalyse von Rechnern, Netzen und Kommunikations- und Informationsanwendungen im Netz sind bekannt. Sicherheitsanalysen einfacher Anwendungen können von den Studierenden selbst ausgeführt werden. Die technischen und konzeptuellen Grundlagen verschiedener Schutztechniken sowie ihre Umsetzungen in relevanten Szenarien werden beherrscht.						
Inhalte						
Vorlesung IT-Sicherheit						
<ul style="list-style-type: none"> • Verständnis von Gefährdungen, z.B. Malware, Viren, Würmer und Trojanische Pferde • Grundlagen der Kryptographie / Praktische Anwendungen der Kryptographie • Ausgewählte Algorithmen und Protokolle zur Verschlüsselung, Signatur, Authentisierung und Vertrauensaufbau (wie RSA, Eliptic Curves, S/MIME, TLS, Kerberos, X.509, ...) • Modellierung von Angreifern sowie Systemen (wie MS STRIDE) • Public-Key Infrastrukturen und PGP • Sicherheitsmechanismen im Netz (IPSec, SSL, S/MIME, XML, Web-Services, ...) • Grundlagen der sicheren Softwareentwicklung • Grundlagen der Zertifizierung (ISO 27000, Common Criteria, BSI Grundschutz Kompendium) 						

Zugangsvoraussetzung(en)	Keine
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Module Einführung in die Programmierung und Technische Informatik, Kenntnisse aus der Algebra
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Jedes Sommersemester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Schömer, Univ.-Prof. Dr. Elmar Prof. Dr. Nikolai Kuntze (Lehrbeauftragter der Hochschule Mainz)
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik
Literatur	
Sonstiges	

Design Patterns		08.079.10060			
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 o. 10 LP = 180 - 300 h				
Moduldauer	1 - 2 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Design Patterns	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Hauptseminar	Hauptseminar	WP	2 SWS / 21 h	99 h	4
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:					
Anwesenheit	Hauptseminar				
Begründung der Anwesenheitspflicht	Hauptseminar: Hauptseminar gemäß § 5 Abs. 5; Die Lernziele gründen auf der unmittelbaren Interaktion zwischen Studierenden. Neben der praktischen fachlichen Kompetenz sind wichtige Lernziele die Literaturrecherche, Präsentation und Diskussionsführung.				
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3				
Studienleistung(en)					
Modulprüfung(en)	Vorlesung Design Patterns: In der Regel Klausur (120 min), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 min). Hauptseminar: Hausarbeit und Vortrag (falls gewählt)				
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen					

<p>Nach absolvieren des Moduls sollten Studierende in der Lage sein:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Probleme beim Softwareentwurf zu erkennen und geeignete Patterns zur Lösung des Problems zu benennen. • Entscheiden zu können, ob ein vorgegebenes Pattern zur Lösung einer gegebenen Problemskizze verwendet werden kann. • Sich eigenständig einzuarbeiten in neue, nicht in der Vorlesung behandelte Patterns, dank erlernter strukturierter Beschreibungsform für Patterns • Patterns zu kombinieren, um komplexere Softwareprojekte zu designen. 	
Inhalte	
<p>Vorlesung Design Patterns</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wiederholung grundlegender UML-Diagramme • Kategorisierung von Patterns • Beschreibungsform für Patterns • Allgemeine Entwurfsprinzipien • Erzeugende Muster: Singleton, Factory Method, Abstract Factory, ... • Verhaltensmuster: Strategy, Template Method, State, Command, ... • Strukturmuster: Composite, Adapter, Facade • Anti-Patterns • Refactoring 	
Zugangsvoraussetzung(en)	Nachweis der aktiven Teilnahme am Modul „Einführung in die Programmierung“
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	
	Modul Einführung in die Softwareentwicklung
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Jedes Sommersemester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Endler, Dr. Stefan
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik
Literatur	
<p>Gamma, E., Helm, R., Johnson, R. & Vlissides, J. (2000). Design patterns. Elements of reusable object-oriented software. Boston: Addison-Wesley. ISBN: 0-201-63361-2</p> <p>Freeman, E., Robson, E., Bates, B. & Sierra, K. (2008). Head First Design Patterns. Sebastopol: O'Reilly Media Inc. ISBN: 978-0-596-00712-6</p>	
Sonstiges	

Projektmanagement		08.079.595
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul	
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h	
Moduldauer	1 Semester	

Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Projektmanagement	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:					
Anwesenheit	Keine				
Begründung der Anwesenheitspflicht					
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3				
Studienleistung(en)					
Modulprüfung(en)	Vorlesung Projektmanagement: In der Regel Klausur (120 min), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 min).				
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen					
<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • verfügen über ein Verständnis für die Grundlagen des Projektmanagements • kennen die Aufgaben im Projektmanagement und haben sich mit diesen im Rahmen der Übungen beschäftigt • können Methoden im weiteren Studienverlauf sinnvoll einsetzen 					
Inhalte					
<p>Vorlesung Projektmanagement Die Vorlesung und Übungen zum Projektmanagement orientieren sich an den folgenden 5 Prozessgruppen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Initiating (Projektauftragsklärung, Requirements Engineering, Stakeholderanalyse, Risikoidentifikation) • Planning (Projektorganisation, Rollen und Verantwortlichkeiten, Scope-Planning, Work Breakdown Structure (WBS) oder Projektstrukturplan (PSP), Ressourcenbedarf, Zeitplanung, Kostschätzung, Risikomanagement) • Executing (Projektdurchführung, Qualitätssicherung, Teamstruktur, Kommunikation, Beschaffung) • Monitoring & Controlling (insb. Change Request Prozess, Zielkonflikte, "magisches Dreieck" aus Scope, Time, Budget, ...) • Closing (Projektabschluss, Lessons Learned) <p>Die Inhalte fokussieren nicht auf IT Projekte sondern vermitteln einen allgemeinen Blick auf Projektmanagement</p>					
Zugangsvoraussetzung(en)			Keine		
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls			Erfahrungen im Bereich Softwareentwicklung oder anderer Projektstätigkeiten im Rahmen von Praktika oder Abschlussarbeiten sind von Vorteil aber nicht zwingend notwendig		
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)			Deutsch		
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote					
Häufigkeit des Angebots			Jedes Sommersemester		
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter			Vorsitzender der Prüfungsausschuss Informatik Dr. Sebastian Hoffmann (Lehrbeauftragter)		
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen			Bachelor of Science – Informatik		
Literatur					

Sonstiges

Künstliche Intelligenz	08.079.542
-------------------------------	------------

Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 o. 9 o. 10 o. 13 LP = 180 - 390 h				
Moduldauer	1 - 2 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Einführung in die Künstliche Intelligenz	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Hauptseminar	Hauptseminar	WP	2 SWS / 21 h	99 h	4
Praktikum	Praktikum	WP	2 SWS / 21 h	69 h	3

Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:

Anwesenheit	Hauptseminar Praktikum
Begründung der Anwesenheitspflicht	Hauptseminar: Hauptseminar gemäß § 5 Abs. 5; Die Lernziele gründen auf der unmittelbaren Interaktion zwischen Studierenden. Neben der praktischen fachlichen Kompetenz sind wichtige Lernziele die Literaturrecherche, Präsentation und Diskussionsführung. Praktikum: § 5 Abs. 5 Prüfungsordnung.
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3
Studienleistung(en)	Praktikum: Portfolio
Modulprüfung(en)	Vorlesung Einführung in die Künstliche Intelligenz: In der Regel Klausur (120 min), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 min). Hauptseminar: Hausarbeit und Vortrag (falls gewählt)

Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen

Die Studierenden
<ul style="list-style-type: none"> • verfügen über ein Verständnis über die Möglichkeiten und Grenzen von symbolischer Künstlicher Intelligenz (KI); • kennen verschieden Agentenarten und können diese in verschiedenen Umwelten einteilen; • kennen Algorithmen zur Suche, informierten Suche und der Constraint-Satisfaction-Probleme; • kennen grundsätzliche Planungsverfahren; • kennen grundsätzlich den Ansatz des Maschinellen Lernens und insbesondere des verstärkenden Lernens.

Inhalte

Vorlesung Einführung in die Künstliche Intelligenz	
<ul style="list-style-type: none"> • Intelligente Agenten • Problemlösen • Problemlösung durch Suchen • Lokale Suchalgorithmen und Optimierungsprobleme • Adversariale Suche und Spiele • Probleme unter Rand- und Nebenbedingungen • Wissen, Schließen und Planen • Logische Agenten • Logik erster Stufe • Inferenz in der Logik erster Stufe • Klassisches Planen • Knowledge Representation • Übersicht Maschinelles Lernen•Lernen mittels Entscheidungsbäumen • Verstärkendes Lernen 	
Zugangsvoraussetzung(en)	Nachweis der aktiven Teilnahme an den Modulen LAG 01, ANA 01 und „Einführung in die Programmierung“
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Keine
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Alle zwei Jahre
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Kramer, Univ.-Prof. Dr. Stefan Theodor
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik Master of Science - Naturwissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Informatik
Literatur	
Artificial Intelligence: A Modern Approach, Fourth Edition, Stuart Russell, Peter Norvig, Pearson, 2021.	
Sonstiges	
Das Praktikum wird im zweiwöchigen Block in der vorlesungsfreien Zeit absolviert.	

Einführung in die Bioinformatik					08.079.387
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 o. 10 LP = 180 - 300 h				
Moduldauer	1 - 2 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Einführung in die Bioinformatik	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Hauptseminar	Hauptseminar	WP	2 SWS / 21 h	99 h	4

Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:	
Anwesenheit	Hauptseminar
Begründung der Anwesenheitspflicht	Hauptseminar: Hauptseminar gemäß § 5 Abs. 5; Die Lernziele gründen auf der unmittelbaren Interaktion zwischen Studierenden. Neben der praktischen fachlichen Kompetenz sind wichtige Lernziele die Literaturrecherche, Präsentation und Diskussionsführung.
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3
Studienleistung(en)	
Modulprüfung(en)	Vorlesung Einführung in die Bioinformatik: In der Regel Klausur (120 min), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 min). Hauptseminar: Hausarbeit und Vortrag (falls gewählt)
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen	
Die Studierenden lernen die grundlegenden Methoden und Algorithmen der sequenzbasierten Bioinformatik kennen. So sind die Studierenden in der Lage, die Arbeitsweise bioinformatischer Software zur Analyse von Sequenzen zu verstehen, passende Software auszuwählen und Parameter zu optimieren. Zudem lernen die Studierenden, die Komplexität bioinformatischer Probleme einzuschätzen.	
Inhalte	
Vorlesung Einführung in die Bioinformatik <ul style="list-style-type: none"> • Paarweises Alignment mit dynamischer Programmierung und unterschiedlichen Lückenstrafenfunktionen, • Optimales Alignment mit linearem Speicheraufwand (Hirschberg Algorithmus), • Multiples Sequenzen Alignment und dessen Approximationen, • Algorithmen zum exakten Stringmatching, Methoden für NGS Read Alignment (z. B. FM-Index und BWT, Hashing-basiert), • de novo Genom Assemblierung mit deBruijn Graphen und Overlap Graphen, • Clustering von Expressionsdaten, • Berechnen von Phylogenetische Bäumen 	
Zugangsvoraussetzung(en)	Keine
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Keine
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Jedes Wintersemester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Hildebrandt, Univ.-Prof. Dr. Andreas
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik
Literatur	
Sonstiges	
Das Praktikum wird im zweiwöchigen Block in der vorlesungsfreien Zeit absolviert	

Mensch-Maschine-Interaktion					
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h				
Moduldauer	1 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Mensch-Maschine-Interaktion	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:					
Anwesenheit	Vorlesung Mensch-Maschine-Interaktion				
Begründung der Anwesenheitspflicht					
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3				
Studienleistung(en)					
Modulprüfung(en)	Vorlesung Mensch-Maschine-Interaktion: In der Regel Klausur (120 min), ansonsten mündliche Prüfung (20-30 min).				
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen					
<p>Die Studierenden sollen die wesentlichen Ansätze benutzerorientierter Analyse- und Entwicklungsmethoden kennen und kritisch reflektieren sowie menschliche, soziale und organisatorische Faktoren berücksichtigen können. Dies heißt im einzelnen: Theoretische und praktische Fähigkeiten in der Entwicklung user-centered-design orientierter Mensch-Computer-Systeme, Methoden-Kenntnisse bzgl. des user-centereddesign Entwicklungsprozesses, Sensibilisierung für Problemstellungen im Zusammenhang mit situiertem Arbeiten, Ausbildung der Fähigkeit zu iterativer Optimierung eines Mensch-Computer Systems in Projektform und die Befähigung, computerbasierte Systeme aus Sicht der Anwender zu sehen.</p>					
Inhalte					
<p>Vorlesung Mensch-Maschine-Interaktion</p> <ul style="list-style-type: none"> • Physiologische und Psychologische Grundlagen • Software-Ergonomie • Modelle der Kommunikation Mensch Ô Computer • Normen, gesetzliche Grundlagen, Richtlinien • Hardware • Interaktion • Grafische Dialogsysteme • Gestaltung webbasierter Systeme • Usability Engineering, Vorgehensweisen 					
Zugangsvoraussetzung(en)	Nachweis der aktiven Teilnahme am Modul „Einführung in die Programmierung“				
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Programmierkenntnisse				
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)					
Deutsch					

Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	6 LP
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Prof. Dr. Ing. Volker Luckas
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science – Informatik
Literatur	
<ul style="list-style-type: none"> • M. Dahm: Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion. Pearson Studium, ISBN: 3-8273-7175-9 • M. Heinecke: Mensch-Computer-Interaktion. ISBN 3-446-22591-9. • G. E. Thaller: Interface Design. Die Mensch-Maschine-Schnittstelle gestalten. ISBN 3-935-04223-X. • B. Preim: Entwicklung interaktiver Systeme. ISBN 3-540-65648-0. • M. Herczeg: Software-Ergonomie - Grundlagen der Mensch-Computer-Kommunikation. ISBN 3-486-25052-3. • B. Schneiderman: User Interface Design. ISBN 3-826-60753-8. • J. Raskin: The Humane Interface. New Directions for Designing Interactive Systems. ISBN 0-201-37937-6. 	
Sonstiges	

Numerische Algorithmen		08.079.465			
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	6 LP = 180 h				
Moduldauer	1 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Numerische Algorithmen	Vorlesung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Übung zur Vorlesung	Übung	P	2 SWS / 21 h	69 h	3
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:					
Anwesenheit	Keine				
Begründung der Anwesenheitspflicht					
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3				
Studienleistung(en)					
Modulprüfung(en)	Vorlesung Numerische Algorithmen: Klausur (120 min) oder mündliche Prüfung (20 min)				
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen					
Grundverständnis für die Möglichkeiten und Grenzen numerischer Verfahren; Kenntnis wichtiger numerischer Algorithmen; Fähigkeit zur effizienten Implementation numerischer Algorithmen in einer geeigneten Programmiersprache					
Inhalte					

Vorlesung Numerische Algorithmen <ul style="list-style-type: none"> • Interpolation und Extrapolation • Lösen linearer Systeme (Gauss-Methode, LU und Cholesky-Zerlegung) • Numerisches Ableiten und Integrieren • Lösen nichtlinearer algebraischer Gleichungen • Numerisches Lösen gewöhnlicher Differentialgleichungen Eine Auswahl aus	
<ul style="list-style-type: none"> • Fast Fourier Transform (FFT) und Anwendungen • Numerisches Lösen partieller Differentialgleichungen • Iterative Lösungsmethoden für lineare Systeme • Modellierung von Daten 	
Zugangsvoraussetzung(en)	Nachweis der aktiven Teilnahme an den LAG 01, ANA 01 und „Einführung in die Programmierung“
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Module LAG 01, LAG2, ANA 01, ANA2, Kenntnisse aus der Einführung in die Stochastik, dem Praktikum „Angewandte Mathematik am Rechner“, sowie der Vorlesung Computergraphik sind hilfreich, aber nicht zwingend nötig
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote	
Häufigkeit des Angebots	Jedes Wintersemester
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Wand, Michael von Hippel, Prof. Dr. Georg Meyer, Univ.-Prof. Dr. Harvey
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Bachelor of Science - Informatik
Literatur	
W.H. Press, S.A. Teukolsky, W.T. Vetterling, B.P. Flannery, Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing (Third edition), Cambridge University Press 2007.	
Sonstiges	

Masterseminar

Als Vorbereitung auf die Masterarbeit im Bereich Informatik wird ein Masterseminar angeboten. Die Studierende arbeiten sich in einen neuen Themenbereich ein, der im Regelfall Grundlage für die anschließende Masterarbeit ist.

Masterseminar					
Pflicht- oder Wahlpflichtmodul	Wahlpflichtmodul				
Leistungspunkte (LP) und Arbeitsaufwand (workload)	12 LP = 360 h				
Moduldauer	1 Semester				
Lehrveranstaltungen	Art	Verpflichtungsgrad	Kontaktzeit	Selbststudium	LP
Masterseminar	Hauptseminar	P	2 SWS / 21 h	99 h	4
Projekt/Projektarbeit	Projekt	P	2 SWS / 21 h	220 h	8
Um das Modul abschließen zu können sind folgende Leistungen zu erbringen:					
Anwesenheit	Hauptseminar Masterseminar				
Begründung der Anwesenheitspflicht	Hauptseminar: Hauptseminar gemäß § 5 Abs. 5; Die Lernziele gründen auf der unmittelbaren Interaktion zwischen Studierenden. Neben der praktischen fachlichen Kompetenz sind wichtige Lernziele die Literaturrecherche, Präsentation und Diskussionsführung.				
Aktive Teilnahme	gemäß § 5 Abs. 3				
Studienleistung(en)					
Modulprüfung(en)	Präsentation der Ergebnisse als Vortrag (Länge ca. 30 min) und anschl. Disputation (max. Prüfungsdauer 45 min).				
Qualifikationsziele/Lernergebnisse/Kompetenzen					
Die Studierenden sind befähigt, ein Thema im von ihnen gewählten Spezialgebiet wissenschaftlich zu bearbeiten. Sie sind in der Lage sich in einer Kleingruppe einen Einblick in ein Spezialgebiet zu verschaffen. Weiterhin sind sie befähigt, auch in interdisziplinären Gruppen, komplexe Sachverhalte zu kommunizieren und zu diskutieren.					
Inhalte					
Einarbeitung in ein wissenschaftliches Spezialgebiet durch Literaturrecherche, wissenschaftliche Diskussionen und evtl. prototypische Implementierungen.					
Zugangsvoraussetzung(en)					
Empfohlene Teilnahmevoraussetzung(en) für das Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls	Erfolgreicher Abschluss der Lehrveranstaltungen des Studiengangs.				
Unterrichtssprache(n) und Prüfungssprache(n)	Deutsch / Englisch				
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote					
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester				
Modulbeauftragte oder Modulbeauftragter	Lehrende die am Studiengang beteiligt sind.				

Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	Master of Science - Naturwissenschaftliche und wirtschaftswissenschaftliche Informatik
Literatur	
Sonstiges	

Legende

Ex = Exkursion

HS = Hauptseminar

LP = Leistungspunkt(e)

P = Pflichtveranstaltung

PR = Praktikum

S = Seminar

SWS = Semesterwochenstunde(n)

T = Tutorium

Ü = Übung

V = Vorlesung

WP = Wahlpflichtveranstaltung