

Modulhandbuch

für den Studiengang

Bachelor of Science Data Science

(Prüfungsordnungsversion: 20221)

für das Sommersemester 2025

Inhaltsverzeichnis

Bachelorseminar (B.Sc. Data Science 20221) (1997).....	4
Bachelorarbeit (B.Sc. Data Science 20221) (1999).....	5
Konzeptionelle Modellierung und Grundlagen von Datenbanken (93108).....	6
Informationsvisualisierung (299892).....	9
Mathematik für Data Science 1 (65711).....	12
Mathematik für Data Science 2 (65712).....	14
Algorithmen und Datenstrukturen für MT - Übung (93054).....	16
Algorithmen und Datenstrukturen für MT - Vorlesung (93055).....	18
Aufbaumodule Mathematik	
Aufbaumodule Informatik	
Kernmodule Data Science	
Seminar Data Science in Forschung und Industrie (65715).....	23
Einführung in die mathematische Datenanalyse (65716).....	24
Wahlpflichtmodul Machine Learning.....	
Introduction to Machine Learning (65718).....	26
Wahlpflichtmodul Projekt Data Sciences.....	
Projektseminar Optimierung (65166).....	29
Advanced Design and Programming (5-ECTS) (97008).....	31
SWAT-Intensivübung (669768).....	33
Wahlpflichtbereich Mathematik	
Introduction to Statistics and Statistical Programming (48071).....	36
Stochastische Modellbildung (65062).....	38
Lineare und nichtlineare Systeme (65072).....	40
Lineare und Kombinatorische Optimierung (65161).....	42
Einführung in die Numerik (65210).....	44
Wahlpflichtbereich Informatik	
Algorithmik kontinuierlicher Systeme (93000).....	47
Berechenbarkeit und Formale Sprachen (93010).....	49
Parallele und Funktionale Programmierung (93040).....	51
Grundlagen der Logik in der Informatik (93072).....	52
Deep Learning for Beginners (93330).....	55
Mathematische statistische Datenanalyse (MSD)	
Einführung in Stochastische Prozesse (65873).....	58
Datenorientierte Optimierung (DO)	
Mathematische Theorie / Grundlagen des Data Science (MTG)	
Datenbanken und Wissensrepräsentation (DW)	
Maschinelles Lernen / Artificial Intelligence (AI)	
Simulation und Numerik (SN)	
Diskretisierung und numerische Optimierung (65231).....	64
Geometric Numerical Integration (97278).....	66
Nicht gewählte Vertiefungsrichtungen	
Knowledge Discovery in Databases mit Übung (43961).....	70
Pattern Recognition (44130).....	73
Topologie (65080).....	76
Gewöhnliche Differentialgleichungen (65100).....	77
Partielle Differentialgleichungen I (65123).....	79
Mathematische Grundlagen zu Künstliche Intelligenz, Neuronale Netze und Data Analytics I (65133).....	80
Nichtlineare Optimierung (65150).....	82
Mathematische Modellierung Theorie (65254).....	84

Mathematische Modellierung Praxis (65255).....	86
Algebra (65311).....	88
Robuste Optimierung 1 (65720).....	90
Mathematische Grundlagen zu Künstliche Intelligenz, Neuronale Netze und Data Analytics II (65723).....	92
Machine Learning for Engineers I - Introduction to Methods and Tools (95067).....	94
Simulation und Modellierung I (97090).....	96
Künstliche Intelligenz II (532733).....	99
Beschreibungslogik und formale Ontologien (806144).....	102
Modellierung, Optimierung und Simulation von Energiesystemen (858896).....	104
Künstliche Intelligenz I (894856).....	106
Simulation und Wissenschaftliches Rechnen (981660).....	108
Modallogik (984981).....	110
Enterprise Application Development und Evolutionäre Informationssysteme (47576).....	112
Differentialgleichungsmodelle (65791).....	115
Chemie	
Theoretische Chemie 3 (62038).....	118
Theoretische Chemie 2 (62059).....	120
Digital Humanities	
Einführung in die Digitalen Geistes- und Sozialwissenschaften (77881).....	123
DH-Modul 1: Schwerpunkt Sprache und Text (77891).....	125
DH-Modul 3: Schwerpunkt Bild und Medien (77893).....	127
Geowissenschaften	
Kompetenzseminar zum Klimawandel: Grundlagen- u. Kompetenzen zu Nachhaltigkeitsherausforderungen (64930).....	130
Computer in den Geowissenschaften (64933).....	132
Medical Data Science	
Grundlagen der Anatomie und Physiologie (22801).....	135
Seminar und Praktikum Biosignalverarbeitung (96835).....	137
Computational Medicine I (96838).....	140
Systems Immunology and Infectiology (47582).....	143
Seminar Quantifying lymphocyte dynamics (47581).....	145
Physik	
Experimentalphysik 1 + 2: Mechanik, Wärmelehre und Elektrodynamik (66061).....	148
Astronomie (66082).....	152
Quantum Computing (67156).....	154
Wirtschaftsinformatik	
Business Process Management (83467).....	157
Implementing innovation (83466).....	159
Artificial intelligence in biomedical engineering (AIBE)	
Biomedizinische Signalanalyse (23070).....	162
Computational Neurotechnology / Numerische Neurotechnologie (44200).....	166
Bewegungsanalyse und biomechanische Grenzgebiete (47666).....	168
Network medicine (47673).....	170
AI in medical robotics (93101).....	172
Medizintechnik II (Bildgebende Verfahren) (95811).....	174
Human Computer Interaction (645618).....	176
Interfacing the Neuromuscular system: Applications for Human/Machine Interfaces and Neurophysiology (44157).....	179

1	Modulbezeichnung 1997	Bachelorseminar (B.Sc. Data Science 20221) Bachelor's seminar	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Seminar: Bachelorarbeit mit Seminar (0 SWS) Kolloquium: Kolloquium Computer Vision (2 SWS) Seminar: Bachelorseminar "Kontinuierliche Optimierung" (2 SWS)	- - 5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Hendrik Scholz Dr.-Ing. Vincent Christlein Michael Schuster	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Timm Oertel
5	Inhalt	Präsentation des im Rahmen der Bachelorarbeit erarbeiteten Themas.
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • verwenden relevante Präsentations- und Kommunikationstechniken und präsentieren die erarbeiteten Inhalte und Resultate der Bachelorarbeit • tauschen sich untereinander und mit den Dozenten über Informationen, Ideen, Probleme und Lösungen auf wissenschaftlichem Niveau aus
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 5;6
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Bachelor of Science Data Science 20221
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Seminarleistung
11	Berechnung der Modulnote	Seminarleistung (100%)
12	Turnus des Angebots	in jedem Semester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch
16	Literaturhinweise	Nach Vorgabe der jeweiligen Betreuer.

1	Modulbezeichnung 1999	Bachelorarbeit (B.Sc. Data Science 20221) Bachelor's thesis	10 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Timm Oertel	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Selbständige Bearbeitung einer Fragestellung aus dem Bereich Data Science innerhalb eines vorgegebenen Zeitraumes (2 Monate) • Erstellung eines schriftlichen Ausarbeitung (Bachelorarbeit) 	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • bearbeiten innerhalb eines vorgegebenen Zeitraumes eine Problemstellung aus dem Bereich Data Science mit wissenschaftlichen Methoden selbständig und stellen diese in schriftlicher Form dar (Bachelorarbeit); • wirken bei der Bearbeitung aktueller Forschungsthemen problemorientiert mit und definieren anhand dieses Wissens neue Forschungsziele 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Es wird ein Erwerb von mindestens 90 ECTS-Punkten im bisherigen Bachelorstudiengang, sowie der Abschluss des Bachelorseminars empfohlen.	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 6	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Bachelor of Science Data Science 20221	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich (2 Monate) Bachelorarbeit (ca. 25-40 Seiten)	
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich (100%) Bachelorarbeit (100%)	
12	Turnus des Angebots	in jedem Semester	
13	Wiederholung der Prüfungen	Die Prüfungen dieses Moduls können nur einmal wiederholt werden.	
14	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 0 h Eigenstudium: 300 h	
15	Dauer des Moduls	1 Semester	
16	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
17	Literaturhinweise	Wird von den Betreuern der Bachelorarbeit spezifiziert.	

1	Modulbezeichnung 93108	Konzeptionelle Modellierung und Grundlagen von Datenbanken Introduction to databases	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG1: Fr 16 (3 SWS) Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG2: Do 18 (3 SWS) Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG3: Di 08 (3 SWS) Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG4: Do 16 (3 SWS) Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG5: Mo 18 (3 SWS) Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG6: Do 08 (3 SWS) Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG7: Di 18 (3 SWS) Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG8: Mi 14 (3 SWS) Vorlesung: Einführung in Datenbanken (3 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS 5 ECTS
3	Lehrende	Felix Hanika David Haller Tobias Bittner Alexander Seifert Fabian Nitschke Joshua Orendt Prof. Dr.-Ing. Richard Lenz	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Richard Lenz
5	Inhalt	Ziel des Moduls ist die Vermittlung von Kenntnissen zur systematischen und bedarfsorientierten Erstellung konzeptioneller Datenbankschemata sowie die relationale Datenbanksprache SQL. Darüber hinaus werden Grundkenntnisse zur Funktionsweise und zur Implementierung von Datenbankmanagementsystemen vermittelt, im Einzelnen: <ul style="list-style-type: none"> • Grundbegriffe von Datenbanken • Entity-Relationship Modell und erweitertes E/R-Modell • UML Klassendiagramme • Das Relationale Datenmodell • Systematische Abbildung von ER-Diagrammen auf Relationale Datenbankschemata • Normalisierung • Relationale Algebra • SQL • Multidimensionale Modellierung und Data Warehousing

		<ul style="list-style-type: none"> • Schichtenmodell zur Implementierung von Datenbanksystemen • Pufferverwaltung • Indexstrukturen (B-Bäume, B+-Bäume) • Anfrageverarbeitung • Transaktionen • Synchronisation • Recovery • Andere Datenmodelle, No-SQL Systeme • Ontologien, Semantic Web, RDF, SPARQL
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Können die zentralen Begriffe aus der Datenbankfachliteratur definieren • Erstellen ER-Diagramme und erweiterte ER Diagramme • Können ER-Diagramme systematisch in geeignete relationale Datenbankschemata überführen • Definieren die Normalformen 1NF, 2NF, 3NF, BCNF und 4NF • Können ein nicht normalisiertes Relationenschema in 3NF überführen • Erstellen Anfragen auf der Basis der Relationalen Algebra • Erstellen Datenbankschemata mit Hilfe der SQL DDL • Erstellen Datenbankanfragen mit SQL • Erstellen multidimensionale ER-Diagramme und bilden diese auf Star- oder Snowflake-Schemata ab • Erklären die Funktionsweise von Datenbankpuffern • Erklären die Funktionsweise von Indexstrukturen • Erklären die Grundlagen der Anfrageoptimierung • Erläutern und bewerten die Funktionsweise verschiedener Join-Algorithmen • Erklären die ACID Eigenschaften von Transaktionen • Erklären die Funktionsweise des Zwei-Phasen-Freigabe-Protokolls • Erläutern die Funktionsweise des Zwei-Phasen-Sperr-Protokolls • Vergleichen die verschiedenen Klassen von Wiederherstellungs-Algorithmen • Erläutern die grundlegende Funktionsweise der Protokoll-basierten Wiederherstellung • Beschreiben und vergleichen verschiedene Datenmodelle
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 2
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Bachelor of Science Data Science 20221
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur mit MultipleChoice (90 Minuten)

11	Berechnung der Modulnote	Klausur mit MultipleChoice (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	

1	Modulbezeichnung 299892	Informationsvisualisierung Information visualization	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung zur Informationsvisualisierung (2 SWS) Vorlesung: Informationsvisualisierung (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lehrende	Dr. Roberto Grosso	

4	Modulverantwortliche/r	Dr. Roberto Grosso	
5	Inhalt	<p>Aufgrund der rasanten Entwicklung der Informationstechnologie sind wir mit einer noch nie dagewesenen Flut an Daten konfrontiert. Informationsvisualisierung befasst sich mit der graphischen Darstellung abstrakter Daten, die keine räumliche Struktur aufweisen. Die Visualisierung abstrakter Daten nutzt visuelle Metaphern und Interaktion, um Information aus den Daten zu extrahieren. Typische Anwendungsszenarien sind die Analyse von Finanztransaktionen oder sozialen Netzwerken, Geographie, Textanalyse oder Visualisierung von Software-Quellcode.</p> <p>In dieser Vorlesung werden unterschiedliche Techniken vorgestellt, um verschieden Arten von Daten zu visualisieren.</p> <p>Insbesondere werden folgende Themen behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Graphen und Netzwerke • Dynamische Graphen • Hierarchien und Bäume • Multivariate Daten • Time-Series Daten • Textvisualisierung 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <p>Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> • zählen Datentypen der Informationsvisualisierung auf • nennen Techniken zur Visualisierung unterschiedlicher Datentypen der Informationsvisualisierung • beschreiben Anwendungsfällen für die unterschiedlichen Datentypen der Informationsvisualisierung <p>Verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> • stellen Algorithmen der Informationsvisualisierung dar und erläutern ihre Eigenschaften, Vorteile und Nachteile • illustrieren Techniken zu Auswertung und Analyse von Daten der Informationsvisualisierung • implementieren die vorgestellten Algorithmen in JavaScript <p>Anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • wenden Algorithmen zur Visualisierung unterschiedlichen Daten an • erklären und charakterisieren Techniken der Informationsvisualisierung • <p>Analysieren</p> <ul style="list-style-type: none"> • klassifizieren Algorithmen zur Visualisierung multivariater Daten, Netzwerke, Hierarchien und Text und erklären ihrer Funktionsweise 	

		<ul style="list-style-type: none"> erkunden die Effizienz der vorgestellten Algorithmen für unterschiedlichen Anwendungsmöglichkeiten <p>Evaluieren</p> <ul style="list-style-type: none"> bewerten Anwendbarkeit und Performance spezieller Algorithmen der Informationsvisualisierung vergleichen Methoden zur Analyse und Auswertung von Daten der Informationsvisualisierung überprüfen die Anwendbarkeit der diskutierten Techniken für unterschiedliche, speziell ausgewählten Fälle
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Die Programmieraufgaben werden in JavaScript implementiert.
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 2
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Bachelor of Science Data Science 20221
10	Studien- und Prüfungsleistungen	elektronische Prüfung mit MultipleChoice (90 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	elektronische Prüfung mit MultipleChoice (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<p>Information Visualization</p> <ul style="list-style-type: none"> Robert Spence: Information Visualization: Design for Interaction Stuart K. Card, Jock Mackinlay, Ben Shneiderman: Readings in Information Visualization – Using Vision to Think Benjamin B. Bederson, Ben Shneiderman: The Craft of Information Visualization – Readings and Reflections Tamara Munzner: Visualization Analysis and Design Colin Ware: Information Visualization, Perception for Design (third edition) Ricardo Mazza: Introduction to Information Visualization Robert Spence: Information Visualization - An Introduction <p>Networks / Graphs</p> <ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> Graph Theory, Reinhard Diestel Graphentheorie, Peter Tittmann Graphs, Networks and Algorithms, Dieter Jungnickel <ul style="list-style-type: none"> Networks, 2nd Edition, Mark Newman

◦ Graph Theory and Complex Networks: An Introduction,
Maarten van Steen

1	Modulbezeichnung 65711	Mathematik für Data Science 1 Mathematics for data science 1	10 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	
5	Inhalt	<p>Analysis I:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Naive Mengenlehre und Logik • Grundeigenschaften der natürlichen, rationalen und reellen Zahlen: Vollständige Induktion, Körper- und Anordnungsaxiome, Vollständigkeit, untere / obere Grenzen, Dichtheit von \mathbb{Q} in \mathbb{R}, abzählbare und überabzählbare Mengen • Komplexe Zahlen: Rechenregeln und ihre geometrische Interpretation, quadratische Gleichungen • Konvergenz, Cauchy-Folgen, Vollständigkeit • Zahlenfolgen und Reihen: Konvergenzkriterien und Rechenregeln, absolute Konvergenz, Potenzreihen, unendliche Produkte • Elementare Funktionen, rationale Funktionen, Potenzen mit reellen Exponenten, Exponentialfunktion, Hyperbelfunktionen, trigonometrische Funktionen, Monotonie und Umkehrfunktion, Logarithmus • Stetige reellwertige Funktionen: Zwischenwertsatz, Existenz von Minimum und Maximum auf kompakten Mengen, stetige Bilder von Intervallen und Umkehrbarkeit, gleichmäßige Stetigkeit, gleichmäßige Konvergenz • Differential- und Integralrechnung in einer reellen Veränderlichen: Rechenregeln für Differentiation, Mittelwertsatz der Differentialrechnung, Taylorformel, Extremwerte und Kurvendiskussion, Definition des Integrals und Rechenregeln, gliedweise Differentiation, Hauptsatz der Differential- und Integralrechnung, Mittelwertsatz der Integralrechnung <p>Lineare Algebra I:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lineare Gleichungssysteme • Vektorräume • Euklidische Vektorräume (Orthonormalisierung, Orthogonalprojektion) • Lineare Abbildungen • Gruppen und Körper • Lineare Abbildungen, Matrizen, Gauss-Algorithmus, Determinanten, Eigenwerte und Eigenvektoren, • Diagonalisierung Hauptachsentransformation • Elemente der numerischen linearen Algebra (LR und QR-Zerlegung)

		Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • definieren und erklären grundlegende Begriffe der Analysis und linearen Algebra; • diskutieren einfache Funktionen; • bewerten Folgen und Reihen; • analysieren lineare Abbildungen und Matrizen; reproduzieren grundlegende Prinzipien und Techniken.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Bachelor of Science Data Science 20221
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Übungsleistung Klausur (120 Minuten) Übungsleistung Klausur (120 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden) Klausur (bestanden/nicht bestanden)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 120 h Eigenstudium: 180 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • O. Forster: Analysis 1 • S. Hildebrandt: Analysis I • G. Fischer: Lineare Algebra

1	Modulbezeichnung 65712	Mathematik für Data Science 2 Mathematics for data science 2	10 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Mathematik für Data Science 2 / Physikstudierende B (4 SWS)	8 ECTS
		Übung: Tafelübung zu Mathematik für Data Science 2 / Physikstudierende B (2 SWS)	-
		Übung: Übungen zu Mathematik für Data Science 2 / Physikstudierende B (2 SWS)	2 ECTS
3	Lehrende	apl. Prof. Dr. Jens Habermann	

4	Modulverantwortliche/r	
5	Inhalt	<p>Der Kurs beinhaltet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eigenwerte • Euklidische Vektorräume (Orthonormalisierung, Orthogonalprojektion). • Diskrete Fouriertransformation als Beispiel für Orthogonalbasis, Hinführung auf Fourier-Reihen • Normierte Räume, stetige Abbildungen zwischen normierten Räumen, Kompaktheit, Vollständigkeit, Dualraum • Fixpunktsatz von Banach • Satz von Arzela-Ascoli • Bilinearformen, Skalarprodukte • Adjungierte Operatoren • Differentialrechnung in mehreren Veränderlichen: Partielle Ableitung und Jacobi-Matrix, Satz von Schwarz, • Grundlagen Lineare Differentialgleichungen mit konstanten Koeffizienten: Lösung mittels Exponentiation von Matrizen bzw. mit charakteristischem Polynom • Gewöhnliche Differentialgleichungen: Lokale und globale Existenz und Eindeutigkeit der Lösung, Phasenportrait (DGL: insgesamt 2 Wochen) • Extrema, Optimierung mit Nebenbedingungen (kurz, wird im Kernmodul vertieft) • totale Ableitung und Linearisierung, Lipschitz-Stetigkeit und Schrankensatz, Taylorformel
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • erweitern ihr Spektrum an Grundbegriffen der Analysis und erklären diese; • wenden das Grundwissen der Analysis an, reproduzieren und vertiefen grundlegende Prinzipien und ordnen diese ein; • wenden Grundtechniken der Analysis an; • sammeln und bewerten relevante Informationen und erkennen Zusammenhänge, erkennen lineare und nichtlineare Zusammenhänge und behandeln sie quantitativ und qualitativ; • verwenden und untersuchen quadratische Formen als die einfachsten nicht-linearen Funktionen; • verwenden Dualräume zur Analyse linearer Abbildungen; • erkennen die Querverbindung zur Analysis;

		<ul style="list-style-type: none"> • führen exemplarische inner- und außermathematische Anwendungen durch.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	empfohlen: Mathematik für Data Science 1
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 2
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Bachelor of Science Data Science 20221
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (120 Minuten) Übungsleistung Klausur (120 Minuten) Übungsleistung
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%) Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 120 h Eigenstudium: 180 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • O. Forster: Analysis 2 • G. Fischer: Lineare Algebra • Jorge Nocedal, Stephen J. Wright: Numerical Optimization

1	Modulbezeichnung 93054	Algorithmen und Datenstrukturen für MT - Übung Algorithms and data structures	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: AuD-MT-TUE (2 SWS) Übung: AuD-MT-RUE (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lehrende	Constantin Jehn Jasmin Riegel Prof. Dr. Tobias Reichenbach	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Tobias Reichenbach	
5	Inhalt	Die Tafel- und Rechnerübungen zu AuD-MT richten sich an Studierende des Studiengangs Medizintechnik und zählen dort zu den Grundlagenvorlesungen im Bereich Informatik. Neben einer Einführung in die (objektorientierte) Programmierung in Java werden verschiedene Datenstrukturen wie verkettete Listen, Bäume und Graphen behandelt. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf dem Entwurf von Algorithmen. Dazu zählen Rekursion, Sortierverfahren und Graphalgorithmen, sowie Aufwandsabschätzung von Algorithmen.	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • lösen objektorientierte Programmieraufgaben in der Programmiersprache Java • veranschaulichen Programmstrukturen mit Hilfe einer Untermenge der Unified Modelling Language • vergleichen die Aufwände verschiedener Algorithmen hinsichtlich der Laufzeit und des Speicherbedarfs • implementieren grundlegende kombinatorische Algorithmen, insbesondere Such- und Sortierverfahren, binäre Bäume und grundlegende Graphalgorithmen • verstehen und benutzen Rekursion als Bindeglied zwischen mathematischen Problembeschreibungen und programmiertechnischer Umsetzung • übersetzen rekursive Problembeschreibungen in iterative • planen und bearbeiten Programmieraufgaben so, dass sie zeitgerecht fertig gestellt werden 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Bachelor of Science Data Science 20221	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Übungsleistung Übungsleistung: 10 Übungsblätter/Programmieraufgaben	
11	Berechnung der Modulnote	Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden)	
12	Turnus des Angebots	in jedem Semester	

13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	In der Vorlesung und den Übungen werden zu den einzelnen Kapiteln passende Lehrbücher vorgeschlagen.

1	Modulbezeichnung 93055	Algorithmen und Datenstrukturen für MT - Vorlesung Algorithms and data structures	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Tobias Reichenbach	
5	Inhalt	Die Vorlesung AuD-MT richtet sich an Studierende des Studiengangs Medizintechnik und zählt dort zu den Grundlagenvorlesungen im Bereich Informatik. Neben einer Einführung in die (objektorientierte) Programmierung in Java werden verschiedene Datenstrukturen wie verkettete Listen, Bäume und Graphen behandelt. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf dem Entwurf von Algorithmen. Dazu zählen Rekursion, Sortierverfahren und Graphalgorithmen, sowie Aufwandsabschätzung von Algorithmen.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • lösen objektorientierte Programmieraufgaben in der Programmiersprache Java • veranschaulichen Programmstrukturen mit Hilfe einer Untermenge der Unified Modelling Language • vergleichen die Aufwände verschiedener Algorithmen hinsichtlich der Laufzeit und des Speicherbedarfs • implementieren grundlegende kombinatorische Algorithmen, insbesondere Such- und Sortierverfahren, binäre Bäume und grundlegende Graphalgorithmen • verstehen und benutzen Rekursion als Bindeglied zwischen mathematischen Problembeschreibungen und programmiererischer Umsetzung • übersetzen rekursive Problembeschreibungen in iterative • planen und bearbeiten Programmieraufgaben so, dass sie zeitgerecht fertig gestellt werden 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Bachelor of Science Data Science 20221	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (60 Minuten) Elektronische Prüfung, 60 min.	
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester	

13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	In der Vorlesung werden zu den einzelnen Kapiteln passende Lehrbücher vorgeschlagen.

Aufbaumodule Mathematik

Aufbaumodule Informatik

Kernmodule Data Science

1	Modulbezeichnung 65715	Seminar Data Science in Forschung und Industrie Seminar: Data science in research and industry	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsperspektiven von Data Science • Überblick über relevante Data Science Industriebranchen und die Berufsaussichten eines Data Scientists • Fragestellungen und Diskussionen mit den derzeit verwendeten Lösungsansätzen im Anwendungskontext von Data Science (mit Expertinnen und Experten aus verschiedenen Bereichen z.B. der Naturwissenschaften, Technikwissenschaften, Geisteswissenschaften, Wirtschaftswissenschaften, etc.) 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen Data Science Anwendungsfelder und die in verschiedenen Kontexten auftretenden Bereiche • Sie kennen die Berufsanforderungen eines Data Scientists und können diese wiedergeben. • Können strukturiert mit Expertinnen und Experten aus verschiedenen Bereichen z.B. der Naturwissenschaften, Technikwissenschaften, Geisteswissenschaften, Wirtschaftswissenschaften diskutieren 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Kernmodule Data Science Bachelor of Science Data Science 20221	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur mit MultipleChoice (90 Minuten)	
11	Berechnung der Modulnote	Klausur mit MultipleChoice (bestanden/nicht bestanden)	
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	Wird von den jeweiligen Dozentinnen/Dozenten bekannt gegeben.	

1	Modulbezeichnung 65716	Einführung in die mathematische Datenanalyse Introduction to mathematical data analysis	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung zu Einführung in die mathematische Datenanalyse (1 SWS) Vorlesung: Einführung in die mathematische Datenanalyse (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Sebastian Denzler Prof. Dr. Marie-Christine Düker	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Fragestellungen der mathematischen Datenanalyse • Datentypen • Clustering • Lineare Regression • fortgeschrittene Inhalte zu Eigenwerten • Hauptachsentransformation • Singulärwertzerlegung (SVD) • Hauptkomponentenanalyse (PCA) • graphbasierte Daten • grundlegende Graphenalgorithmen (Spanning Trees, Dijkstra, Graph Cut) • analytische und numerische Verfahren (z.B. Gradientenabstieg) zur Lösung von Optimierungsproblemen im Kontext der mathematischen Datenanalyse 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen die grundlegenden Fragestellungen und Methoden der mathematischen Datenanalyse, • können die Rolle der Singulärwertzerlegung im Kontext der Analyse von Daten mittels PCA erklären, • sind in der Lage, Lineare Regression und einfache Clusteringverfahren auf Datensätze anzuwenden, • verstehen graphenbasierte Daten und grundlegende Graphenalgorithmen • lösen einfache, datenbasierte Optimierungsprobleme mittels analytischer oder numerischer Verfahren • sind in der Lage, einfache im Modul behandelte Algorithmen auf Datensätze anzuwenden 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	empfohlen: Mathematik für Data Science 1	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 2	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Kernmodule Data Science Bachelor of Science Data Science 20221	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (60 Minuten)	

11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	

1	Modulbezeichnung 65718	Introduction to Machine Learning Introduction to machine learning	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Introduction to Machine Learning (2 SWS) Übung: IntroML-Ex (2 SWS) Übung: IntroML-Tut (2 SWS)	5 ECTS 1,25 ECTS -
3	Lehrende	Dr.-Ing. Vincent Christlein Linda-Sophie Schneider	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier	
5	Inhalt	<p>Das Modul hat zum Ziel, die Studierenden mit dem prinzipiellen Aufbau eines Mustererkennungssystems vertraut zu machen. Es werden die einzelnen Schritte von der Aufnahme der Daten bis hin zur Klassifikation von Mustern erläutert. Das Modul beginnt dabei mit einer kurzen Einführung, bei der auch die verwendete Nomenklatur eingeführt wird. Die Analog-Digital-Wandlung wird vorgestellt, wobei der Schwerpunkt auf deren Auswirkungen auf die weitere Signalanalyse liegt. Im Anschluss werden gebräuchliche Methoden der Vorverarbeitung beschrieben. Ein wesentlicher Bestandteil eines Mustererkennungssystems ist die Merkmalsextraktion. Verschiedene Ansätze zur Merkmalsberechnung/-transformation werden gezeigt, darunter Momente, Hauptkomponentenanalyse und Lineare Diskriminanzanalyse. Darüber hinaus werden Möglichkeiten vorgestellt, Merkmalsrepräsentationen direkt aus den Daten zu lernen. Das Modul schließt mit einer Einführung in die maschinelle Klassifikation. In diesem Kontext wird der Bayes- und der Gauss-Klassifikator besprochen.</p> <p>The module aims to familiarize students with the basic structure of a pattern recognition system. The individual steps from the acquisition of data to the classification of patterns are explained. The module starts with a short introduction, which also introduces the used nomenclature. Analog-to-digital conversion is introduced, with emphasis on its impact on further signal analysis. Common methods of preprocessing are then described. An essential component of a pattern recognition system is feature extraction. Various approaches to feature computation/transformation are demonstrated, including moments, principal component analysis, and linear discriminant analysis. In addition, ways to learn feature representations directly from the data are presented. The module concludes with an introduction to machine classification. In this context, the Bayes and Gauss classifiers are discussed.</p> <p>T</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • erklären die Stufen eines allgemeinen Mustererkennungssystems • verstehen Abtastung, das Abtasttheorem und Quantisierung • verstehen und implementieren Histogrammequalisierung und -dehnung 	

		<ul style="list-style-type: none"> • vergleichen verschiedene Schwellwertmethoden • verstehen lineare, verschiebungsinvariante Filter und Faltung • wenden verschiedene Tief- und Hochpassfilter sowie nichtlineare Filter an • wenden verschiedene Normierungsmethoden an • verstehen den Fluch der Dimensionalität • erklären verschiedene heuristische Merkmalsberechnungsmethoden, z.B. Projektion auf einen orthogonalen Basisraum, geometrische Momente, Merkmale • basierend auf Filterung • verstehen analytische Merkmalsberechnungsmethoden, z.B. Hauptkomponentenanalyse, Lineare Diskriminanzanalyse • verstehen die Basis von Repräsentationslernen • erläutern die Grundlagen der statistischen Klassifikation (Bayes-Klassifikator) • benutzen die Programmiersprache Python, um die vorgestellten Verfahren der Mustererkennung anzuwenden • lernen praktische Anwendungen kennen und wenden die vorgestellten Algorithmen auf konkrete Probleme an <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • explain the stages of a general pattern recognition system • understand sampling, the sampling theorem, and quantization • understand and implement histogram equalization and expansion • compare different thresholding methods • understand linear, shift invariant filters and convolution • apply various low-pass, high-pass, and nonlinear filters • apply different normalization methods • understand the curse of dimensionality • explain different heuristic feature calculation methods, e.g. projection on an orthogonal base space, geometric moments, features based on filtering • understand analytical feature computation methods, e.g. principal component analysis, linear discriminant analysis • understand the basis of representation learning • explain the basics of statistical classification (Bayes classifier) • use the programming language Python to apply the presented pattern recognition methods • learn practical applications and apply the presented algorithms to concrete problems
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	<p>Ein Mustererkennungssystem besteht aus den folgenden Stufen: Aufnahme von Sensordaten, Vorverarbeitung, Merkmalsextraktion und maschinelle Klassifikation. Dieses Modul beschäftigt sich in erster Linie mit den ersten drei Stufen und schafft damit die Grundlage für weiterführende Module (Pattern Recognition und Pattern Analysis).</p>

		A pattern recognition system consists of the following stages: Sensor Data Acquisition, Preprocessing, Feature Extraction, and Machine Classification. This module primarily deals with the first three stages and thus creates the basis for more advanced modules (Pattern Recognition and Pattern Analysis).
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 4
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul Machine Learning Bachelor of Science Data Science 20221
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (60 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesungsfolien/lecture slides • Heinrich Niemann: Klassifikation von Mustern, 2. überarbeitete Auflage, 2003 • Sergios Theodoridis, Konstantinos Koutroumbas: Pattern Recognition, 4. Auflage, Academic Press, Burlington, 2009 • Richard O. Duda, Peter E. Hart, David G. Stock: Pattern Classification, 2. Auflage, John Wiley & Sons, New York, 2001

1	Modulbezeichnung 65166	Projektseminar Optimierung Project seminar: Optimisation	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Hauptseminar: Bachelorseminar "Optimierung Praxis" (2 SWS) Vorlesung: Projektseminar Optimierung (Bachelor) (2 SWS)	5 ECTS 5 ECTS
3	Lehrende	Florian Rösel Prof. Dr. Timm Oertel	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann	
5	Inhalt	Anhand einer konkreten Anwendung sollen die im Studium bis dahin erworbenen Kenntnisse zu mathematischen Optimierungsmodellen und -methoden umgesetzt werden. Der Inhalt ergibt sich aus einer aktuellen Problemstellung häufig in enger Zusammenarbeit mit einem Industriepartner. Als Beispiele seien genannt die Wasserversorgung einer Stadt, die Gestaltung einer energieeffizienten Fassade eines Bürogebäudes oder das Baustellenmanagement im Schienenverkehr. Das Seminar wird als Projekt durchgeführt. Das heißt, Studierende werden in Teams von bis zu 4 Personen, die in der ersten Woche ausgehängte Aufgabenstellung im Laufe des Semesters bearbeiten. Am Ende des Semesters werden die Teams ihre Lösungsvorschläge vorstellen und vergleichen.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • führen selbständig in Teams ein größeres Projekt durch, in dem sie eine reale Fragestellung modellieren, Lösungsverfahren entwickeln und implementieren und ihre Ergebnisse auf die Praxis anwenden; • präsentieren die Ergebnisse der Projektarbeit und diskutieren diese; • tauschen sich untereinander und mit den Dozenten über Informationen, Ideen, Probleme und Lösungen auf wissenschaftlichem Niveau aus. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	empfohlen: Grundkenntnisse aus den Modulen <ul style="list-style-type: none"> • Analysis I und II • Lineare Algebra I und II • Lineare und Kombinatorische Optimierung 	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 4;6	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul Projekt Data Sciences Bachelor of Science Data Science 20221	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich mündlich (45 Minuten) Vortrag 45 Minuten und schriftliche Ausarbeitung 5-10 Seiten	
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich (50%) mündlich (50%)	

12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	Bekanntgabe zu Beginn der Veranstaltung

1	Modulbezeichnung 97008	Advanced Design and Programming (5-ECTS) Advanced design and programming (5-ECTS)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Dirk Riehle	
5	Inhalt	<p>This course teaches principles and practices of advanced object-oriented design and programming. Dieser Kurs wird auf Deutsch gehalten. It consists of a weekly lecture with exercises, homework and self-study. This is a hands-on course and students should be familiar with their Java IDE. Students learn the following concepts:</p> <p>Class-Level</p> <ul style="list-style-type: none"> • Method design • Class design • Classes and interfaces • Subtyping and inheritance • Implementing inheritance • Design by contract <p>Collaboration-Level</p> <ul style="list-style-type: none"> • Values vs. objects • Role objects • Type objects • Object creation • Collaboration-based design • Design patterns <p>Component-Level</p> <ul style="list-style-type: none"> • Error handling • Meta-object protocols • Frameworks and components • Domain-driven design • API evolution <p>The running example is the photo sharing and rating software Wahlzeit, see https://github.com/dirkriehle/wahlzeit . Class is held as a three hour session with a short break in between. Students should have a laptop ready with a working Java programming setup. Sign-up and further course information are available at https://adap.uni1.de - please sign up for the course on StudOn (available through previous link) as soon as possible. The course information will also tell you how the course will be held (online or in person).</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> • Students learn to recognize, analyze, and apply advanced concepts of object-oriented design and programming 	

		<ul style="list-style-type: none"> Students learn to work effectively with a realistic tool set-up, involving an IDE, configuration management, and a service hoster
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	INF-AuD or compatible / equivalent course
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul Projekt Data Sciences Bachelor of Science Data Science 20221
10	Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Variabel</p> <p>The specifics of the examination is aligned with the didactic character of the module and will be clarified by the examiner no later than two weeks after the start of the lecture.</p> <p>Die Konkretisierung der Prüfungsform und -umgang richtet sich nach dem didaktischen Charakter des Moduls und wird bis spätestens zwei Wochen nach Vorlesungsbeginn durch den Prüfer bekannt gegeben.</p>
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> See https://adap.uni1.de

1	Modulbezeichnung 669768	SWAT-Intensivübung SWAT intensive tutorial	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Richard Lenz	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Entwurf und Implementierung einer typischen Web-Applikation • Kreatives Arbeiten im Team • Agile Softwareentwicklung • Verwendung von aktuellen Technologien • Moderne Programmiertechniken 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • konzipieren und implementieren eine mehrschichtige Web-Anwendung. • bewerten den Arbeitsaufwand von Aufgaben. • wenden agile Entwicklungsmethoden im Rahmen von Softwareentwicklung an. • arbeiten kooperativ und verantwortlich in Gruppen und können das eigene Kooperationsverhalten sowie die Zusammenarbeit in der Gruppe kritisch reflektieren und optimieren. • arbeiten sich eigenständig in Technologien ein, stellen diese Technologien in Präsentationen vor und wenden sie im Projekt an. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	<ul style="list-style-type: none"> • Algorithmen und Datenstrukturen: Objektorientierung • Konzeptionelle Modellierung: Datenmodellierung und UML • Softwareentwicklung in Großprojekten: Entwurfsmustern und IT-Vorgehensmodellen • Systemprogrammierung: Betriebssystem-Architektur • Rechnerkommunikation: Transferprotokollen • Implementierung von Datenbanksystemen: Schichtenarchitektur, Transaktionen • eBusiness Technologies: Scrum und RUP, Advanced XML, OOA&D crash course (Adv. UML), O/R-Mapping, Component Models, Web Basics, Web Services, Presentation Tier (MVC, AJAX, HTML5) 	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 4	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodul Projekt Data Sciences Bachelor of Science Data Science 20221	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Portfolio	
11	Berechnung der Modulnote	Portfolio (100%)	

12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 115 h Eigenstudium: 35 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Elemental Design Patterns, Smith, 2012 • Patterns of Enterprise Application Architecture, Fowler, 2003 • Scrum mit User Stories, Wirdemann, 2011 • Agile Testing, Crispin and Gregory, 2009 • More Agile Testing, Crispin and Gregory, 2015

Wahlpflichtbereich Mathematik

1	Modulbezeichnung 48071	Introduction to Statistics and Statistical Programming Introduction to statistics and statistical programming	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Introduction to Statistics and Statistical Programming (2 SWS)	2 ECTS
		Übung: Computer lab classes "Introduction to Statistics and Statistical Programming" (1 SWS)	1 ECTS
		Übung: Problem session "Introduction to Statistics and Statistical Programming" (1 SWS)	2 ECTS
		Tutorium: Review session "Introduction to Statistics and Statistical Programming" (1 SWS) Review session: participation voluntary	0 ECTS
3	Lehrende	apl. Prof. Dr. Christophorus Richard	

4	Modulverantwortliche/r	apl. Prof. Dr. Christophorus Richard	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction to the statistical software R and elementary programming • Descriptive statistics: visualisation and parameters of categorial and metric data, qq-plot, curve fitting, log- and loglog-plots, robust techniques • Inferential statistics: methods for estimating and testing: parametric tests, selected non-parametric tests, exact and asymptotic confidence regions • Simulation: random numbers, Monte carlo 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>The students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • describe and explain standard techniques in descriptive and inferential statistics. • explain their solution of a non-trivial statistical problem to other people and to discuss alternative solutions within a group. • perform statistical standard analyses within a prescribed time limit on the computer, and to correctly interpret the computer output. • perform elementary statistical simulations. • formulate adequate questions concerning a given data set, suggest correct methods for analysis, and to implement these on the computer. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Stochastische Modellbildung (strongly recommended)	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 3	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtbereich Mathematik Bachelor of Science Data Science 20221	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Übungsleistung Klausur (90 Minuten) Examination: written exam 90 min	

		Exercise performance: weekly homework (approx. 4 tasks per week)
11	Berechnung der Modulnote	Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden) Klausur (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Lecture notes • Rice: Mathematical Statistics and Data Analysis; Thomson, 2007 • www.cran.r-project.org

1	Modulbezeichnung 65062	Stochastische Modellbildung Stochastic modelling	10 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Torben Krüger	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Diskrete Wahrscheinlichkeitsräume und Kombinatorik (Urnenmodelle, Binominalverteilung) • Multinomialverteilung, geometrische Verteilung, hypergeometrische Verteilung • Produktexperimente (Unabhängigkeit und bedingte Wahrscheinlichkeit) • Zufallsvariable (Unabhängigkeit, Erwartungswert, Varianz, Kovarianz, Korrelation) • Schwaches und starkes Gesetz der großen Zahlen für unabhängige Sequenzen • Allgemeine Modelle, Wahrscheinlichkeitsmasse mit Dichten • Normalapproximation und Poissonapproximation der Binominalverteilung mit Anwendungen • Allgemeine Formulierung des starken Gesetzes der großen Zahlen u. Zentralen Grenzwertsatzes ohne Beweis • Verzweigungsprozesse und erzeugende Funktionen • der Poissonprozess • Markowketten • Grundbegriffe der Schätztheorie (Maximum-Likelihood, Konsistenz, Konfidenzintervalle, Fragen der Optimalität) • Testtheorie (Grundlegende Ideen und Beispiele) • Der t-Test, Chi-Quadrat-Test auf Unabhängigkeit und Identität • Regressionsanalyse <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • setzen sich mit Modellierungsfragen für statistische Modelle und elementare Prozesse, die in Naturwissenschaften, Wirtschaftswissenschaften und Technik auftreten auseinander und nennen und erklären die entsprechenden Methoden; • führen Modellanalyse mit kombinatorischen und expliziten analytischen Methoden selbständig durch; • verwenden die grundlegenden Begriffe und Konzepte sicher und setzen sie zur Lösung konkreter Probleme ein; • sammeln und bewerten relevante Informationen und stellen Zusammenhänge her; • klassifizieren und lösen selbständig Probleme analytisch. 	

7	Voraussetzungen für die Teilnahme	empfohlen: <ul style="list-style-type: none"> • Analysis I und II • Lineare Algebra I und II
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 3
9	Verwendbarkeit des Moduls	Aufbaumodule Mathematik Bachelor of Science Data Science 20221 Wahlpflichtbereich Mathematik Bachelor of Science Data Science 20221
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Übungsleistung Klausur (90 Minuten) Prüfungsleistung: Klausur 90 min Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben
11	Berechnung der Modulnote	Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden) Klausur (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 105 h Eigenstudium: 195 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • U. Krengel: Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik; 8. Auflage, 2005 • Hans-Otto Georgii: Stochastik; 3. Auflage, 2007

1	Modulbezeichnung 65072	Lineare und nichtlineare Systeme Linear and nonlinear systems	10 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übungen zu Lineare und nichtlineare Systeme (Querschnittmodul) (2 SWS)	2 ECTS
		Übung: Tafelübung zu Lineare und nichtlineare Systeme (1 SWS)	1 ECTS
		Vorlesung mit Übung: Lineare und nichtlineare Systeme (Querschnittmodul) (4 SWS)	10 ECTS
3	Lehrende	Dr. Dieter Weninger	

4	Modulverantwortliche/r	Dr. Dieter Weninger	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Iterationsverfahren für lineare und nichtlineare Gleichungssysteme • Grundbegriffe der Optimierung • Innere-Punkte-Verfahren für lineare und nichtlineare Optimierungsprobleme • Grundbegriffe und Lösungsmethoden der gemischt-ganzzahligen linearen Optimierung • Grundbegriffe und Lösungsmethoden der gemischt-ganzzahligen nichtlinearen Optimierung <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • erkennen und analysieren selbstständig lineare und nichtlineare Systeme bzw. Optimierungsprobleme • erläutern verschiedene algorithmische Grundprinzipien und wenden diese zielorientiert an • stellen Verknüpfungen zwischen algebraischem und analytischem Wissen her 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	empfohlen: Grundkenntnisse aus den Modulen <ul style="list-style-type: none"> • Analysis I und II • Lineare Algebra I und II • Lineare und Kombinatorische Optimierung 	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 3	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtbereich Mathematik Bachelor of Science Data Science 20221	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (20 Minuten) <ul style="list-style-type: none"> • Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche), unbenotet • Mündliche Prüfung (20 Min.) 	
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%) mündliche Prüfung (100 %)	

12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 105 h Eigenstudium: 195 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesungsskript wird auf StudOn bereitgestellt • Ulbrich/Ulbrich: Nichtlineare Optimierung, Birkhäuser, 2012 • Nocedal/Wright: Numerical Optimization, Springer, 2006 • Wolsey: Integer Programming, Wiley, 2021 • Belotti et al.: Mixed-Integer Nonlinear Optimization, 2013

1	Modulbezeichnung 65161	Lineare und Kombinatorische Optimierung Linear and combinatorial optimisation	10 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Dr. Dieter Weninger	
5	Inhalt	Schwerpunkt dieser Vorlesung ist die Theorie und Lösung kombinatorischer und in diesem Kontext linearer Optimierungsprobleme. Wir behandeln klassische Probleme auf Graphen, wie das Kürzeste-Wege-Problem, das Aufspannende-Baum-Problem oder das Max-Flow-Min-Cut-Theorem. Zur Vorlesung gehören auch die Dualität der linearen Optimierung und das Simplexverfahren. Gegenstand der Vorlesung ist zudem die Analyse von Algorithmen und die Vermittlung algorithmischer Grundprinzipien. Neben der vierstündigen Vorlesung werden zweistündige Übungen angeboten. Anhand von Präsenz- und Hausaufgaben werden wesentliche Lerninhalte geübt. Zusätzlich werden Softwareübungen angeboten.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • erkennen und analysieren selbstständig kombinatorische Optimierungsprobleme; • erläutern algorithmische Grundprinzipien und wenden diese zielorientiert an; • klassifizieren komplexe Verfahren des Lerngebietes; • sammeln und bewerten relevante Informationen und stellen Zusammenhänge her 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	empfohlen: Lineare Algebra	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 3	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Aufbaumodule Mathematik Bachelor of Science Data Science 20221 Wahlpflichtbereich Mathematik Bachelor of Science Data Science 20221	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (90 Minuten)	
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	

16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none">• Vorlesungsskript zu diesem Modul• Schrijver: Combinatorial Optimization Vol. A C; Springer, 2003• Korte, J. Vygen: Combinatorial Optimization; Springer, 2005
----	--------------------------	---

1	Modulbezeichnung 65210	Einführung in die Numerik Introduction to numerics	10 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Eberhard Bänsch	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Direkte Eliminationsverfahren für lineare Gleichungssysteme [Gauß mit Pivotsuche (Erinnerung), Cholesky, LR-Zerlegung für vollbesetzte (Erinnerung) Bandmatrizen] • Linear stationäre iterative Verfahren: Erinnerung und SOR-Verfahren • Verfahren für Eigenwertaufgaben (QR-Verfahren) • Fehleranalyse und Störungsrechnung (Gleitpunktarithmetik, Konditionsanalyse, schlechtgestellte Probleme) • Lineare Ausgleichsrechnung (Orthogonalisierungsverfahren, Numerik der Pseudoinverse) • Iterative Verfahren für nicht-lineare Gleichungssysteme (Fixpunktiteration, Newton-Verfahren, Gauß-Newton) • Interpolation (Polynome, Polynomialsplines, FFT) • Numerische Integration (Newton-Cotes, Gauß, Extrapolation, Adaption) <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • verwenden algorithmische Zugänge für Probleme der linearen Algebra und Analysis und erklären und bewerten diese; • urteilen insbesondere über die Stabilität und Effizienz eines numerischen Verfahrens; • setzen mit eigener oder gegebener Software Verfahren um und bewerten deren Ergebnisse kritisch; • erläutern und verwenden ein breites Problem- und Verfahrensspektrum: (Direkte und) iterative Verfahren für lineare Gleichungssysteme, nicht-lineare Gleichungssysteme, insbesondere Newton-Verfahren, (nicht)lineare Ausgleichsrechnung, Interpolation und Integration, Numerik von Eigenwertaufgaben; • sammeln und bewerten relevante Informationen und erkennen Zusammenhänge 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	<p>empfohlen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Module zur Analysis und Linearen Algebra • Kenntnisse in MATLAB sind zwingend. Diese können in einem jeweils vor Semesterbeginn stattfindenden Kurs erworben werden. 	

8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 3
9	Verwendbarkeit des Moduls	Aufbaumodule Mathematik Bachelor of Science Data Science 20221 Wahlpflichtbereich Mathematik Bachelor of Science Data Science 20221
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Übungsleistung Klausur (90 Minuten) Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche)
11	Berechnung der Modulnote	Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden) Klausur (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 105 h Eigenstudium: 195 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • R. Schaback und H. Wendland: Numerische Mathematik; Springer, Berlin, 2005 • A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri: Numerische Mathematik I, II; Springer, Berlin, 2002 • P. Deuffhard und A. Hohmann: Numerische Mathematik I; de Gruyter, Berlin 2002 • J. Stoer: Numerische Mathematik I; Springer, Berlin, 2005 • J. Stoer und R. Bulirsch: Numerische Mathematik I; Springer, Berlin, 2005 • Vorlesungsskript auf der Homepage des Bereichs Modellierung, Simulation und Optimierung des Departments Mathematik, ständig neu an die Vorlesung angepasst

Wahlpflichtbereich Informatik

1	Modulbezeichnung 93000	Algorithmik kontinuierlicher Systeme Algorithms for continuous systems	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Tafelübung AlgoKS (2 SWS) Vorlesung: Algorithmik kontinuierlicher Systeme (4 SWS) Übung: Rechnerübung AlgoKS (0 SWS)	2,5 ECTS 5 ECTS -
3	Lehrende	Dominik Thönnies Frederik Hennig apl. Prof. Dr. Harald Köstler Prof. Dr. Ulrich Rüde	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Ulrich Rüde
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen kont. Datenstrukturen (Gleitpunktzahlen, Rundungsfehleranalyse und Kondition, Diskretisierung und Quantisierung, Abtasttheorem, FFT) • Algorithmische Lineare Algebra (direkte und iterative Verfahren für lin. Gleichungssysteme, Ausgleichsprobleme) • Datenstrukturen für geometrische Objekte, Interpolation, Approximation, Grundlagen geometrischer Modellierung, Volumen- und Flächenberechnung. • Kontinuierliche und diskrete Optimierung, nichtlineare Probleme. • Grundlagen der Simulation: Algorithmen zur Lösung von Differentialgleichungen
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden erwerben fundierte Kenntnisse über Datenstrukturen und Algorithmen zur Behandlung kontinuierlicher Probleme. Die erworbenen Kompetenzen sind sowohl theoretisch-analytischer Art (Analyse von Komplexität, Konvergenz, Fehlerentwicklung) als auch von praktischer Natur (Implementierung der Algorithmen in einer objekt-orientierten Programmiersprache).</p> <p>Die Studierenden planen und bearbeiten kleine Programmierprojekte so, dass sie zeitgerecht fertig gestellt werden. Sie erwerben damit insbesondere die Grundlagen, die für ein vertieftes Studium in den Bereichen Systemsimulation, Mustererkennung, Graphischer Datenverarbeitung unabdingbar sind.</p> <p>Fachkompetenz Wissen Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • geben die Definition von Gleitpunktzahlen wieder • reproduzieren Formeln zur Berechnung von Flächen und Volumina <p>Verstehen Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • erklären die Kondition von Problemen • veranschaulichen Methoden der Freiformflächenmodellierung • erläutern das Abtasttheorem und die Fouriertransformation <p>Anwenden Die Studierenden</p>

		<ul style="list-style-type: none"> • implementieren Algorithmen zur Lösung von linearen Gleichungssystemen • lösen Interpolations- und Approximationsaufgaben • berechnen iterativ Lösungen von nichtlinearen Gleichungen Analysieren Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • klassifizieren Optimierungsprobleme • erforschen lineare Ausgleichsprobleme Lern- bzw. Methodenkompetenz Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • <ul style="list-style-type: none"> ◦ lösen Aufgaben der Algorithmen kontinuierlicher Probleme in Gruppenarbeit
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 4
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtbereich Informatik Bachelor of Science Data Science 20221
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (90 Minuten) Übungsleistung in den Übungen müssen 5 Theorieaufgaben und 5 Programmieraufgaben bearbeitet werden. Es müssen jeweils 50% der möglichen Punkte erreicht werden.
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%) Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	

1	Modulbezeichnung 93010	Berechenbarkeit und Formale Sprachen Theory of computation and formal languages	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Rolf Wanka	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Registermaschinen und Turingmaschinen als Modelle des Berechenbaren, die Church-Turing-These und unentscheidbare Probleme • NP-Vollständigkeit und das P-NP-Problem • Endliche Automaten • Grammatiken und die Chomsky-Hierarchie • Kontextfreie Grammatiken und Kontextfreie Sprachen • Kellerautomaten 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • erwerben fundierte Kenntnisse über die Grenzen der Berechenbaren, insbesondere lernen sie, wie man beweist, dass bestimmte Aufgaben unlösbar sind bzw. dass sie vermutlich nicht schnell gelöst werden können, und wenden diese Kenntnisse an; • lernen die wesentlichen Techniken kennen, mit denen man Programmiersprachen beschreiben und syntaktisch korrekte Programme erkennen kann, und wenden diese auf Beispiele an; • erwerben fundierte Kenntnisse in den Beweis- und Analyse-Methoden der algorithmisch orientierten Theoretischen Informatik und wenden diese an. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 3	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtbereich Informatik Bachelor of Science Data Science 20221	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Klausur (90 Minuten) Übungsleistung Zum Erreichen der Übungsleistung müssen die wöchentlichen bepunkteten Übungsaufgaben bearbeitet und abgegeben werden. Zum Ende der Vorlesungszeit müssen mindestens 50% der Punkte erreicht sein.</p>	
11	Berechnung der Modulnote	<p>Klausur (100%) Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden)</p>	
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester	

13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • I. Wegener. Theoretische Informatik. • J. Hopcroft, J. Ullman. Introduction to Automata Theory, Languages and Computation. • U. Schöning. Theoretische Informatik - kurz gefasst.

1	Modulbezeichnung 93040	Parallele und Funktionale Programmierung Parallel and functional programming	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Intensivübungen zu Parallele und Funktionale Programmierung (2 SWS)	0 ECTS
3	Lehrende	David Schwarzbeck Dr.-Ing. Norbert Oster Prof. Dr. Michael Philippsen	

4	Modulverantwortliche/r	Dr.-Ing. Norbert Oster Prof. Dr. Michael Philippsen	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der funktionale Programmierung • Grundlagen der parallelen Programmierung • Datenstrukturen • Objektorientierung • Scala-Kenntnisse • Erweiterte JAVA-Kenntnisse • Aufwandsabschätzungen • Grundlegende Algorithmen 	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • erlernen die Grundlagen der funktionalen Programmierung anhand der Programmiersprache Scala • verstehen paralleles Programmieren mit Java • kennen fundamentale Datenstrukturen und Algorithmen • können funktionale und parallele Algorithmen entwickeln und analysieren 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 3	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Aufbaumodule Informatik Bachelor of Science Data Science 20221 Wahlpflichtbereich Informatik Bachelor of Science Data Science 20221	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (60 Minuten)	
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise		

1	Modulbezeichnung 93072	Grundlagen der Logik in der Informatik Foundations of logic in informatics	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Lutz Schröder	
5	Inhalt	<p>Aussagenlogik:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Syntax und Semantik • Automatisches Schließen: Resolution • Formale Deduktion: Korrektheit, Vollständigkeit <p>Prädikatenlogik erster Stufe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Syntax und Semantik • Automatisches Schließen: Unifikation, Resolution • Quantorenelimination • Anwendung automatischer Beweiser • Formale Deduktion: Korrektheit, Vollständigkeit 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> • Erwerb fundierter Kenntnisse zu den Grundlagen und der praktischen Relevanz der Logik mit besonderer Berücksichtigung der Informatik; • Verstehen und Erklären des logischen Schließens; • Einübung in das logische und wissenschaftliche Argumentieren, Aufstellen von Behauptungen und Begründungen; • Kritische Reflexion von Logikkalkülen, insbesondere hinsichtlich Entscheidbarkeit, Komplexität, Korrektheit und Vollständigkeit; • Erstellung und Beurteilung von Problemspezifikationen (Kohärenz, Widerspruchsfreiheit) und ihre Umsetzung in Logikprogramme; • Beherrschung der praktischen Aspekte der Logikprogrammierung. <p>Fachkompetenz Wissen Die Studierenden geben Definitionen zur Syntax und Semantik der verwendeten Logiken wieder beschreiben grundlegende Deduktionsalgorithmen geben Regeln der verwendeten formalen Deduktionssysteme wieder Verstehen Die Studierenden erläutern das Verhältnis zwischen Syntax, Semantik und Beweistheorie der verwendeten Logiken erklären die Funktionsprinzipien grundlegender Deduktionsalgorithmen erläutern die Funktionsweise automatischer Beweiser</p>	

		<p>erläutern grundlegende Resultate der Metatheorie der verwendeten Logiken und deren Bedeutung</p> <p>Anwenden</p> <p>Die Studierenden wenden Deduktionsalgorithmen auf konkrete Deduktionsprobleme an formalisieren Anwendungsprobleme in logischer Form und verwenden automatische Beweiser zur Erledigung entstehender Beweisziele führen einfache formale Beweise manuell</p> <p>Analysieren</p> <p>Die Studierenden führen einfache metatheoretische Beweise, insbesondere durch syntaktische Induktion</p> <p>Lern- bzw. Methodenkompetenz</p> <p>Die Studierenden beherrschen das grundsätzliche Konzept des Beweises als hauptsächliche Methode des Erkenntnisgewinns in der theoretischen Informatik. Sie überblicken abstrakte Begriffsarchitekturen.</p> <p>Sozialkompetenz</p> <p>Die Studierenden lösen abstrakte Probleme in Gruppenarbeit.</p>
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 3
9	Verwendbarkeit des Moduls	Aufbaumodule Informatik Bachelor of Science Data Science 20221 Wahlpflichtbereich Informatik Bachelor of Science Data Science 20221
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (90 Minuten) Es werden wöchentlich Übungsblätter ausgegeben. Die Lösungen können abgegeben werden und werden in diesem Fall bewertet. Auf Basis des Ergebnisses dieser Bewertungen können bis zu 15% Bonuspunkte erworben werden, die zu dem Ergebnis einer bestandenen Klausur hinzugerechnet werden.
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<p>Schöning, U.: Logik für Informatiker.</p> <p>Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 2000</p> <p>Barwise, J., and Etchemendy, J.: Language, Proof and Logic; CSLI, 2000.</p>

Huth, M., and Ryan, M.: Logic in Computer Science; Cambridge
University Press, 2000.

1	Modulbezeichnung 93330	Deep Learning for Beginners Deep learning for beginners	2,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Deep Learning for Beginners (VHB-Kurs) (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lehrende	Aline Sindel	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier	
5	Inhalt	<p>Neural networks have had an enormous impact on research in image and signal processing in recent years. In this course, you will learn all the basics about deep learning in order to understand how neural network systems are built. The course is addressed to students who are new to the field. In the beginning of the course, we introduce you to the topic with some applications of deep learning in the field of medical imaging, digital humanities and industry projects. Before we dive into the core elements of neural networks, there are two lecture units on the fundamentals of signal and image processing to teach you relevant parts of system theory such as convolutions, Fourier transform, and sampling theorem. In the next lecture units, you learn the basic blocks of neural networks, such as backpropagation, fully connected layers, convolutional layers, activation functions, loss functions, optimization, and regularization strategies. Then, we look into common practices for training and evaluating neural networks. The next lecture unit is focusing on common neural network architectures, such as LeNet, Alexnet, and VGG. It follows a lecture unit about unsupervised learning that contains the principles of autoencoders and generative adversarial networks. Lastly, we cover some applications of deep learning in segmentation and object detection.</p> <p>The accompanying programming exercises will provide a deeper understanding of the workings and architecture of neural networks, in which you will develop a basic neural network from scratch in pure Python without using deep learning frameworks, such as PyTorch or TensorFlow.</p> <p>At the end of the semester, there will be a written exam.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • explain the different neural network components, • compare and analyze methods for optimization and regularization of neural networks, • compare and analyze different CNN architectures, • explain deep learning techniques for unsupervised / semi-supervised and weakly supervised learning, • explain different deep learning applications, • implement the presented methods in Python, • effectively investigate raw data, intermediate results and results of Deep Learning techniques on a computer, • autonomously supplement the mathematical foundations of the presented methods by self-guided study of the literature, • discuss the social impact of applications of deep learning applications. 	

7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Requirements: mathematics for engineering, basic knowledge of python
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 3
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtbereich Informatik Bachelor of Science Data Science 20221
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel (60 Minuten) The final exam is a written exam with 60 minutes duration.
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	in jedem Semester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 0 h Eigenstudium: 75 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	

Mathematische statistische Datenanalyse (MSD)

1	Modulbezeichnung 65873	Einführung in Stochastische Prozesse 65873	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	apl. Prof. Dr. Christophorus Richard	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Markowketten mit abzählbarem Zustandsraum • Rekurrenz und Transienz • Gleichgewichtsverteilungen und Konvergenz • Markow Chain Monte Carlo • Poisson-Prozess 	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden vertiefen ihre Kenntnisse aus Stochastischer Modellbildung anhand einer Fülle von Beispielen aus der Theorie der Markowketten mit endlichem oder abzählbarem Zustandsraum. Dies dient als Ergänzung zu oder Vorbereitung auf eine Behandlung der zeitlich oder räumlich kontinuierlichen Varianten in der Wahrscheinlichkeitstheorie und in der Stochastischen Analysis mit fortgeschritteneren maßtheoretischen Methoden.	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Stochastische Modellbildung	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Mathematische statistische Datenanalyse (MSD) Bachelor of Science Data Science 20221	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (90 Minuten)	
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • H.-O. Georgii, Stochastik, 5. Auflage, DeGruyter 2015. • A. Klenke, Wahrscheinlichkeitstheorie, 3. Auflage, Springer 2013. • P. Brémaud, Markov Chains, 2nd ed, Springer 2020. 	

Datenorientierte Optimierung (DO)

Mathematische Theorie / Grundlagen des Data Science (MTG)

Datenbanken und Wissensrepräsentation (DW)

Maschinelles Lernen / Artificial Intelligence (AI)

Simulation und Numerik (SN)

1	Modulbezeichnung 65231	Diskretisierung und numerische Optimierung Discretisation and numerical optimisation	10 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	<p>Vorlesung: Diskretisierung und numerische Optimierung (Querschnittmodul) (4 SWS)</p> <p>Übung: Übungen zu Diskretisierung und numerische Optimierung (Querschnittmodul) (2 SWS)</p> <p>Tutorium: Tutorium zu Diskretisierung und numerische Optimierung (Querschnittmodul) (2 SWS)</p> <p>Übung: Programmier-Kurs zur Diskretisierung und Numerischen Optimierung (2 SWS)</p>	<p>7 ECTS</p> <p>2 ECTS</p> <p>1 ECTS</p> <p>-</p>
3	Lehrende	Prof. Dr. Daniel Tenbrinck	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Eberhard Bänsch	
5	Inhalt	<p>Teil 1: Diskretisierung Ein- und Mehrschrittverfahren für Anfangswertaufgaben gewöhnlicher Differentialgleichungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • explizite und implizite Runge-Kutta-Verfahren, BDF, Extrapolation • asymptotische Stabilität (Nullstabilität), Konsistenz, Konvergenz • Steifheit und Stabilität bei fester Schrittweite • Schrittweiten- und Ordnungsadaptivität • Randwertaufgaben für gewöhnliche Differentialgleichungen • Einführung in Finite-Element-Verfahren <p>Teil 2: Unrestringierte Optimierung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abstiegsverfahren • CG-Verfahren (mit Vorkonditionierung, CG-Newton) • Quadratische Optimierungsprobleme • Penalty- und Barriereverfahren <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • verwenden algorithmische Zugänge zu Problemen, die mittels gewöhnlicher Differentialgleichungen beschrieben werden können oder von unrestringierten, endlichdimensionalen Optimierungsproblemen herkommen, und erklären und bewerten diese; • urteilen über die Stabilität und Effizienz eines numerischen Verfahrens; • setzen mit eigener oder gegebener Software Verfahren um und bewerten deren Ergebnisse kritisch; • erläutern und verwenden ein breites Problem- und Verfahrensspektrum: Differenzenverfahren für Anfangs- und Randwertaufgaben, Finite-Element-Verfahren für 2-Punkt-Randwertaufgaben 	

		<ul style="list-style-type: none"> • übertragen die erlangten Fachkompetenzen auf die Behandlung partieller Differentialgleichungen, Abstiegs- und CG-Verfahren bis zum Barriereverfahren; • sammeln und bewerten relevante Informationen und erkennen Zusammenhänge.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	empfohlen: <ul style="list-style-type: none"> • Analysis • Lineare Algebra • Programmierung • Einführung Numerik
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 3
9	Verwendbarkeit des Moduls	Simulation und Numerik (SN) Bachelor of Science Data Science 20221 Wahlpflichtbereich Mathematik Bachelor of Science Data Science 20221
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Übungsleistung Klausur (90 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden) Klausur (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 120 h Eigenstudium: 180 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • P. Deuffhard und F. Bornemann: Numerische Mathematik II; de Gruyter, Berlin 2002 • J. Stoer und R. Bulirsch: Numerische Mathematik II; Springer, Berlin, 2005 • K. Strehmel und R. Weiner: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen; Teubner, Stuttgart 1995 • A. Quarteroni, R. Sacco und F. Saleri: Numerische Mathematik I, II; Springer, Berlin 2002 • Vorlesungsskriptum auf der Homepage des Bereichs Modellierung, Simulation und Optimierung des Departments Mathematik (laufend aktualisiert)

1	Modulbezeichnung 97278	Geometric Numerical Integration	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Geometric Numerical Integration (2 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Sigrid Leyendecker Dr. Rodrigo Sato Martin de Almagro	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Sigrid Leyendecker Dr. Rodrigo Sato Martin de Almagro	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Existence and uniqueness of solutions ◦ Flows • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Recurrences ◦ Error, stability, convergence ◦ Numerical quadrature ◦ Runge-Kutta (RK) and collocation methods ◦ Adjoint and composition • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Conditions for RK and collocation methods ◦ Discrete gradient methods • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Hamilton's principle and Euler-Lagrange equations ◦ Hamilton's equations and symplecticity ◦ Generating functions ◦ Noether's theorem • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Symplectic RK methods ◦ Discrete Hamilton's principle and variational integrators ◦ Discrete Noether's theorem • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Variational error ◦ Backward error analysis and symplecticity <p>In this lecture, numerical integration methods that preserve the geometric properties of the flow of a differential equation are presented. The course is divided into two parts.</p> <p>In the first part, we provide an overview of numerical integration of IVPs of ODEs. We will begin with a review of the basics of ODEs, followed by the introduction of concepts of numerical integration such as error and convergence rate. Several integration methods such as RK and collocation methods will be presented and analysed.</p> <p>In the second part, we explore the conservation properties of these methods and the geometric structure underlying many important systems. Conditions for the preservation of first integrals are derived</p>	

		<p>and proven, followed by a brief introduction into symmetric methods. Next, we provide an overview of Lagrangian and Hamiltonian mechanics and some insight on the geometric structure of these systems (symplecticity, Noether's theorem). Finally, we introduce the concept of symplectic integration and the construction of variational integrators. To conclude, we will present and discuss some important results explaining the properties of these.</p> <p>During the course, an introduction to Python will be given to help the students implement these methods and test their properties.</p>
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • understand what an ordinary differential equation is • know what an initial value problem is, when a solution exists and when it is unique • know what a numerical solution to an initial value problem is • can characterise a numerical method in terms of error and convergence • know standard numerical integration techniques (quadrature, Runge-Kutta methods, collocation, composition...) • are familiar with the concept of first integral / conserved quantity • can argue about the conservation properties of the previously introduced methods • are familiar with Lagrangian and Hamiltonian systems • are familiar with Noether's theorem • are familiar with the concept of symplecticity and its relation with Hamiltonian flows • know how to characterise basic symplectic integrators • are familiar with discrete Lagrangian systems • can construct simple variational integrators • understand the concept of backward error analysis
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Recommended: solid mathematical background, notions of programming, Lagrangian mechanics and ordinary differential equations.
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Simulation und Numerik (SN) Bachelor of Science Data Science 20221
10	Studien- und Prüfungsleistungen	<p>mündlich (30 Minuten) Übungsleistung</p> <p>Three graded reports Oral exam (30 min)</p>
11	Berechnung der Modulnote	<p>mündlich (50%) Übungsleistung (50%)</p> <p>In order to pass the course, students must submit three compulsory reports on given assignments AND pass the oral exam.</p>

		<p>The first report consists on performing some simple coding task.</p> <p>The second and third reports will be graded according the degree of completion of the tasks and the quality and clarity of the explanations and conclusions provided.</p> <p>The weighting for the final mark is as follows</p> <p>First report: 10% Second report: 20% Third report: 20% Oral exam: 50%</p>
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • E. Hairer, G. Wanner and C. Lubich, Geometric Numerical Integration: Structure-Preserving Algorithms for Ordinary Differential Equations. Springer, 2006. • E. Hairer, S. Nørsett, and G. Wanner, Solving ordinary differential equations. I Nonstiff problems. Springer, 1993. • E. Hairer and G. Wanner, Solving ordinary differential equations. II Stiff and differential-algebraic problems. Springer, 2010. • J. E. Marsden and M. West, Discrete mechanics and variational integrators. Acta Numerica, 2001. • E. Hairer, C. Lubich and G. Wanner. Geometric numerical integration illustrated by the StörmerVerlet method. Acta Numerica, 2003. • E. Süli and D. F. Mayers, An Introduction to Numerical Analysis. Cambridge University Press, 2003.

Nicht gewählte Vertiefungsrichtungen

1	Modulbezeichnung 43961	Knowledge Discovery in Databases mit Übung Knowledge discovery in databases with tutorial	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Knowledge Discovery in Databases (2 SWS) Übung: Übungen zu KDD (2 SWS) Übung: Übungen zu KDD (Parallelgruppe wird nicht sicher angeboten) (2 SWS)	- - -
3	Lehrende	Dominik Probst Lucas Weber	

4	Modulverantwortliche/r	Dominik Probst	
5	Inhalt	<p>Theoretical knowledge on:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Why data mining? • What is data mining? • A multi-dimensional view of data mining • What kinds of data can be mined? • What kinds of patterns can be mined? • What technologies are used? • What kinds of applications are targeted? • Major issues in data mining • A brief history of data mining <p>Practical exercises on:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to Pandas & scikit-learn • Data analysis & data preprocessing • Frequent Pattern • Classification • Clustering • Outlier 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen den typischen KDD-Prozess; • kennen Verfahren zur Vorbereitung von Daten für das Data Mining; • definieren Distanz- oder Ähnlichkeits-Funktionen auf einem speziellen Datenbestand; • überprüfen Attribute eines Datensatzes auf ihre Bedeutung für die Analyse hin und transformieren ggf. Attributwerte geeignet; • wissen, wie ein typisches Data Warehouse aufgebaut ist; • kennen die Definition von Distanz- bzw. Ähnlichkeitsfunktionen für die verschiedenen Typen von Attributen; • sind vertraut mit dem Prinzip des Apriori-Algorithmus zur Bestimmung von Mengen häufiger Elemente (frequent itemsets); • kennen den FP-Growth-Algorithmus zum schnellen Auffinden von Mengen häufiger Elemente; • geben die Definitionen von Support und Confidence für Assoziationsregeln wieder; • beschreiben die Ermittlung von Assoziationsregeln auf der Basis von Mengen häufiger Elemente; 	

		<ul style="list-style-type: none"> • sind in der Lage, die Vorgehensweise bei Klassifikationsaufgaben darzustellen; • legen dar, wie ein Entscheidungsbaum auf einem Trainingsdatensatz erzeugt wird; • stellen das Prinzip der Bayes'schen Klassifikation dar; • zählen verschiedene Clustering-Verfahren auf; • beschreiben den Ablauf von k-Means-Clustering; • kennen die verschiedenen Arten von Ausreißern; • können die verschiedenen Schritte eines KDD Prozesses auch praktisch anwenden. <p>The students:</p> <ul style="list-style-type: none"> • know the typical KDD process; • know procedures for the preparation of data for data mining; • know the definition of distance or similarity functions for the different kinds of attributes; • define distance and similarity functions for a particular dataset; • check attributes of a dataset for their meaning with reference to an analysis and transform attribute values accordingly, if required. • know how a typical data warehouse is structured; • are familiar with the principle of the Apriori algorithm for the identification of frequent itemsets; • know the FP-growth algorithm for a faster identification of frequent itemsets: • present the definitions of support and confidence for association rules; • describe the construction of association rules based on frequent itemsets; • are capable of describing the course of action in classification tasks; • present the construction of a decision tree based on a training dataset; • present the principle of Bayes' classification; • enumerate different clustering procedures; • describe the steps of k-means clustering; • know the different kinds of outliers; • are able to practically apply the various steps of a KDD process.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 3
9	Verwendbarkeit des Moduls	Aufbaumodule Informatik Bachelor of Science Data Science 20221 Datenbanken und Wissensrepräsentation (DW) Bachelor of Science Data Science 20221

		Nicht gewählte Vertiefungsrichtungen Bachelor of Science Data Science 20221 Wahlpflichtbereich Informatik Bachelor of Science Data Science 20221
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur mit MultipleChoice (90 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	Klausur mit MultipleChoice (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<p>The lecture is based on the following book:</p> <ul style="list-style-type: none"> • J. Han, M. Kamber, and J. Pei, Data Mining: Concepts and Techniques, 3rd. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2011, ISBN: 0123814790 <p>Also interesting and related textbooks are:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A. Géron, Hands-on machine learning with Scikit-Learn and TensorFlow : concepts, tools, and techniques to build intelligent systems, 2nd ed. OReilly Media, 2017, ISBN: 978-1491962299 • H. Du, Data Mining Techniques and Applications: An Introduction. Cengage Learning EMEA, May 2010, p. 336, ISBN: 978-1844808915 • I. H. Witten, E. Frank, M. A. Hall, et al., Data Mining, Fourth Edition: Practical Machine Learning Tools and Techniques, 4th. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2016, ISBN: 0128042915

1	Modulbezeichnung 44130	Pattern Recognition Pattern recognition	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier	
5	Inhalt	<p>Mathematical foundations of machine learning based on the following classification methods:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bayesian classifier • Logistic Regression • Naive Bayes classifier • Discriminant Analysis • norms and norm dependent linear regression • Rosenblatt's Perceptron • unconstraint and constraint optimization • Support Vector Machines (SVM) • kernel methods • Expectation Maximization (EM) Algorithm and Gaussian Mixture Models (GMMs) • Independent Component Analysis (ICA) • Model Assessment • AdaBoost <p>Mathematische Grundlagen der maschinellen Klassifikation am Beispiel folgender Klassifikatoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bayes-Klassifikator • Logistische Regression • Naiver Bayes-Klassifikator • Diskriminanzanalyse • Normen und normabhängige Regression • Rosenblatts Perzeptron • Optimierung ohne und mit Nebenbedingungen • Support Vector Maschines (SVM) • Kernelmethode • Expectation Maximization (EM)-Algorithmus und Gaußsche Mischverteilungen (GMMs) • Analyse durch unabhängige Komponenten • Modellbewertung • AdaBoost 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • verstehen die Struktur von Systemen zur maschinellen Klassifikation einfacher Muster • erläutern die mathematischen Grundlagen ausgewählter maschineller Klassifikatoren • wenden Klassifikatoren zur Lösung konkreter Klassifikationsprobleme an 	

		<ul style="list-style-type: none"> • beurteilen unterschiedliche Klassifikatoren in Bezug auf ihre Eignung • verstehen in der Programmiersprache Python geschriebene Lösungen von Klassifikationsproblemen und Implementierungen von Klassifikatoren <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • understand the structure of machine learning systems for simple patterns • explain the mathematical foundations of selected machine learning techniques • apply classification techniques in order to solve given classification tasks • evaluate various classifiers with respect to their suitability to solve the given problem • understand solutions of classification problems and implementations of classifiers written in the programming language Python
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	<ul style="list-style-type: none"> • Well grounded in probability calculus, linear algebra/matrix calculus • The attendance of our bachelor course 'Introduction to Pattern Recognition' is not required but certainly helpful. • Gute Kenntnisse in Wahrscheinlichkeitsrechnung und Linearer Algebra/Matrizenrechnung • Der Besuch der Bachelor-Vorlesung 'Introduction to Pattern Recognition' ist zwar keine Voraussetzung, aber sicherlich von Vorteil.
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Maschinelles Lernen / Artificial Intelligence (AI) Bachelor of Science Data Science 20221 Nicht gewählte Vertiefungsrichtungen Bachelor of Science Data Science 20221
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (90 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Richard O. Duda, Peter E. Hart, David G. Stock: Pattern Classification, 2nd edition, John Wiley&Sons, New York, 2001

- Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman: The Elements of Statistical Learning - Data Mining, Inference, and Prediction, 2nd edition, Springer, New York, 2009
- Christopher M. Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, New York, 2006

1	Modulbezeichnung 65080	Topologie Topology	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Karl Hermann Neeb	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Stetige Funktionen, Zusammenhang, Trennungsaxiome • Erzeugung von Topologien (initiale, finale, Quotienten etc.) • Konvergenz in topologischen Räumen (Filter, Netze) • Kompaktheit (Satz von Tychonov, kompakte metrische Räume, lokalkompakte Räume) <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch Übungen</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • wenden die Methoden der allgemeinen Topologie, die in den Grundvorlesungen nur am Rande vorkommen, an; • ordnen die topologischen Grundbegriffe in einen größeren Kontext ein 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	empfohlen: Grundkenntnisse aus den Modulen Analysis I und II	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!	
9	Verwendbarkeit des Moduls	<p>Mathematische Theorie / Grundlagen des Data Science (MTG) Bachelor of Science Data Science 20221</p> <p>Nicht gewählte Vertiefungsrichtungen Bachelor of Science Data Science 20221</p>	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Übungsleistung</p> <p>Klausur (60 Minuten)</p> <p>Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche)</p>	
11	Berechnung der Modulnote	<p>Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden)</p> <p>Klausur (100%)</p>	
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	<p>Präsenzzeit: 60 h</p> <p>Eigenstudium: 90 h</p>	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesungsskript zu diesem Modul 	

1	Modulbezeichnung 65100	Gewöhnliche Differentialgleichungen Ordinary differential equations	10 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Hermann Schulz-Baldes	
5	Inhalt	<p>Grundlagen zu folgenden Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Typen von Differentialgleichungen und elementare Lösungsmethoden • Existenz-, Eindeutigkeits- und Stetigkeitssätze für das Anfangswertproblem • Differentialungleichungen (Lemma von Gronwall) • Fortsetzung von Lösungen • lineare und gestörte lineare Systeme • autonome Systeme und Flüsse • Stabilität • Randwertprobleme <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • lösen einfache, insbesondere autonome lineare Differentialgleichungen selbständig • erklären und prüfen qualitative Eigenschaften wie Stabilität • wenden die relevanten Lösungsmethoden selbstständig an • klassifizieren konkrete Probleme und setzen theoretische Modelle zur Behandlung ein • überführen die Prinzipien in allgemeineren oder auch einfacheren Kontext 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	empfohlen: Analysis 1 und 2	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!	
9	Verwendbarkeit des Moduls	<p>Mathematische Theorie / Grundlagen des Data Science (MTG) Bachelor of Science Data Science 20221 Nicht gewählte Vertiefungsrichtungen Bachelor of Science Data Science 20221</p>	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Klausur (90 Minuten) Übungsleistung Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche)</p>	
11	Berechnung der Modulnote	<p>Klausur (100%) Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden)</p>	
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester	

13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesungsskripte zu diesem Modul • H. Amann: Gewöhnliche Differentialgleichungen. de Gruyter • V.I. Arnol'd: Gewöhnliche Differentialgleichungen. Springer • H. Heuser: Gewöhnliche Differentialgleichungen. Teubner • W. Walter: Gewöhnliche Differentialgleichungen. Springer

1	Modulbezeichnung 65123	Partielle Differentialgleichungen I Partial differential equations I	10 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Günther Grün	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> schwache Existenztheorie elliptischer Gleichungen zweiter Ordnung Regularität schwacher Lösungen (Differenzenquotientenmethode, Moser, Harnack) Wärmeleitungsgleichung in Hölderräumen, Vergleichssätze Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden erarbeiten sich einen Überblick über Anwendungsbereiche von PDGen. Sie verwenden einfache explizite Lösungsmethoden und nutzen klassische und schwache Zugänge zu Existenzresultaten	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	empfohlen: Analysis-Module des Bachelorstudiums	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Mathematische Theorie / Grundlagen des Data Science (MTG) Bachelor of Science Data Science 20221 Nicht gewählte Vertiefungsrichtungen Bachelor of Science Data Science 20221	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich Dauer der mündlichen Prüfung: 20 Min.	
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> E. DiBenedetto: Partial Differential Equations, Birkhäuser 2001 L. C. Evans: Partial Differential Equations, AMS 1997 D. Gilbarg, N. S. Trudinger: Elliptic Partial Differential Equations, Springer 1983 Vorlesungsskriptum 	

1	Modulbezeichnung 65133	Mathematische Grundlagen zu Künstliche Intelligenz, Neuronale Netze und Data Analytics I Mathematical foundations of artificial intelligence, neural networks and data analytics	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Dr. Hans Georg Zimmermann
5	Inhalt	<p>Künstliche-Intelligenz Forschung ist der Versuch, menschenähnliche Denkprozesse auf Maschinen zu übertragen. Das betrifft insbesondere Wahrnehmung (nicht nur Sensordaten, sondern auch Bild- und Audio-daten), Modellierung (Untersuchung von Zusammenhängen in Beobachtungen) und Aktionsplanung (für optimale Aktionsplanung ist ein Modell zur Beurteilung vorgeschlagener Aktionen essenziell). Die Mathematik der Neuronalen Netze wurde von Anfang an als adäquate Lösungsmethode gesehen es dauerte aber ein halbes Jahrhundert, bis diese Mathematik und die Computer Hardware soweit entwickelt waren, dass die Vision tatsächlich bearbeitet werden kann.</p> <p>Im Wintersemester zeigen wir, in welchem Sinne Feedforward Neuronale Netze universelle Approximatoren für komplexe (d.h. nichtlineare und hochdimensionale) Systeme sind. Es wird dargestellt, dass sich das Lernen nicht auf die klassische Sichtweise einer nichtlinearen Regression beschränken lässt. Das liegt auch, aber nicht nur an den Weiterführungen zum Thema Deep-Learning. Wir werden auf die Unterschiede zwischen Regression und Klassifikation eingehen. Weiterführende Kapitel beschäftigen sich mit Unüberwachtem Lernen, Bilderkennung, Neuro-Fuzzy und komplexwertigen Systemen. In der Vorlesung wird auch darauf eingegangen, dass unsere Humane Intelligenz noch andere Qualitäten hat wir sollten Künstliche- und Humane-Intelligenz nicht als Verdrängungswettbewerb sehen, sondern nach einer optimalen Ergänzung suchen.</p>
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • erkennen selbständig Aufgabenstellungen, in denen Neuronale Netze eine hilfreiche Lösungsmethode sind • sind in der Lage, die richtigen Netzstrukturen für echte Anwendungsprobleme zu konstruieren.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	mathematische Grundlagen aus dem Bachelor-Studium
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!
9	Verwendbarkeit des Moduls	<p>Mathematische statistische Datenanalyse (MSD) Bachelor of Science Data Science 20221</p> <p>Nicht gewählte Vertiefungsrichtungen Bachelor of Science Data Science 20221</p>

10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (15 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch Englisch
16	Literaturhinweise	

1	Modulbezeichnung 65150	Nichtlineare Optimierung Nonlinear optimisation	10 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Wolfgang Achtziger	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Unrestringierte Probleme der Nichtlinearen Optimierung (Optimalitätsbedingungen, Abstiegsverfahren, Verfahren der konjugierten Richtungen, Variable-Metrik-Methoden und Quasi-Newton-Methoden) • Restringierte Probleme der Nichtlinearen Optimierung (Optimalitätsbedingungen) <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • nennen und erklären Grundbegriffe der Nichtlinearen Optimierung; • modellieren und lösen praxisrelevante Probleme mit Hilfe der erlernten Verfahren; • sammeln und bewerten relevante Informationen und stellen Zusammenhänge her. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	empfohlen: Abschluss der Module Analysis I, Analysis II, Lineare Algebra I, Lineare Algebra II und Numerische Mathematik.	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!	
9	Verwendbarkeit des Moduls	<p>Datenorientierte Optimierung (DO) Bachelor of Science Data Science 20221</p> <p>Nicht gewählte Vertiefungsrichtungen Bachelor of Science Data Science 20221</p>	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Übungsleistung</p> <p>Klausur (90 Minuten)</p> <p>Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche)</p>	
11	Berechnung der Modulnote	<p>Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden)</p> <p>Klausur (100%)</p>	
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	<p>Präsenzzeit: 90 h</p> <p>Eigenstudium: 210 h</p>	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	

16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none">• Geiger, Ch. Kanzow: Numerische Verfahren zur Lösung unrestringierter Optimierungsaufgaben; Springer, 1999• Geiger, Ch. Kanzow: Theorie und Numerik restringierter Optimierungsaufgaben; Springer, 2002• W. Alt: Nichtlineare Optimierung; Vieweg, 2002• F. Jarre und J. Stoer: Optimierung; Springer, 2004• M.S. Bazaraa, H.D. Sherali, C.M. Shetty: Nonlinear Programming Theory and Algorithms; Wiley, New York, 1993
----	--------------------------	---

1	Modulbezeichnung 65254	Mathematische Modellierung Theorie Mathematical modelling theory	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	apl. Prof. Dr. Serge Kräutle	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> Handwerkszeuge der mathematischen Modellierung: Dimensionsanalyse, asymptotische Entwicklung, Stabilitäts-, Sensitivitätsbetrachtungen, Existenz und Nichtnegativität von Lösungen Modelle in Form von linearen Gleichungssystemen (elektrische Netzwerke, Stabwerke, Zusammenhang zu Minimierungsaufgaben), nicht-linearen Gleichungssystemen (chemisches Gleichgewicht in reaktiven Mehrspeziessystemen), Anfangswertaufgaben für gewöhnliche Differentialgleichungen (chemische Reaktionen, Populationsmodelle) <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> nennen und erklären die grundlegenden und vertiefenden Begriffe mathematischer Modellierung und verwenden die zugehörigen Prinzipien; erstellen und bewerten, auf Basis exemplarischer Kenntnisse aus Ingenieur- und Naturwissenschaften, deterministische Modelle in Form von Gleichungssystemen und gewöhnlichen Differentialgleichungen selbstständig; lösen vorgegebene Aufgaben mit analytischen / numerischen Methoden und diskutieren die Ergebnisse kritisch. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	empfohlen: <ul style="list-style-type: none"> Teilnahme am Modul nur in Kombination mit dem Modul Mathematische Modellierung Praxis Module Analysis und Lineare Algebra oder Module einer zwei-semesterigen Mathematikgrundausbildung für nicht-mathematische Studiengänge, Modul Numerische Mathematik, Modul Gewöhnliche Differentialgleichungen empfohlen 	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Nicht gewählte Vertiefungsrichtungen Bachelor of Science Data Science 20221 Simulation und Numerik (SN) Bachelor of Science Data Science 20221	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (15 Minuten)	

11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Ch. Eck, H. Garcke, P. Knabner: Mathematische Modellierung; Springer-Verlag, 2. Auflage, Berlin, 2011 • F. Hauser, Y. Luchko: Mathematische Modellierung mit MATLAB; Spektrum Akademischer Verlag, 2011 • G. Strang: Introduction to Applied Mathematics; Wellesley-Cambridge Press, Wellesley, 1986

1	Modulbezeichnung 65255	Mathematische Modellierung Praxis Mathematical modelling practical	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	apl. Prof. Dr. Serge Kräutle	
5	Inhalt		
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • bearbeiten Modellierungsprojekte im Team; • modellieren Alltagsprobleme, lösen sie mit analytischen / numerischen Methoden und diskutieren die Ergebnisse kritisch; • prägen Problemlösungskompetenz aus; • erwerben Schlüsselkompetenzen: prägen durch die Projektarbeit Teammanagement aus, sind durch Berichterstattung in den Projekten zu Vortragspräsentation und wissenschaftlichem Schreiben befähigt. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	<p>empfohlen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teilnahme am Modul nur in Kombination mit dem Modul Mathematische Modellierung Theorie • Module Analysis und Lineare Algebra oder Module einer zwei-semesterigen Mathematikgrundausbildung für nicht-mathematische Studiengänge, Modul Numerische Mathematik, Modul Gewöhnliche Differentialgleichungen 	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	<p>Nicht gewählte Vertiefungsrichtungen Bachelor of Science Data Science 20221 Simulation und Numerik (SN) Bachelor of Science Data Science 20221 Wahlpflichtmodul Projekt Data Sciences Bachelor of Science Data Science 20221</p>	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Seminararbeit+Vortrag	
11	Berechnung der Modulnote	Seminararbeit+Vortrag (bestanden/nicht bestanden)	
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	

16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none">• Ch. Eck, H. Garcke, P. Knabner: Mathematische Modellierung; Springer-Verlag, 2. Auflage, Berlin, 2011• F. Hauser, Y. Luchko: Mathematische Modellierung mit MATLAB; Spektrum Akademischer Verlag, 2011• G. Strang: Introduction to Applied Mathematics; Wellesley-Cambridge Press, Wellesley 1986
----	--------------------------	---

1	Modulbezeichnung 65311	Algebra	10 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Peter Fiebig	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Gruppentheorie: Untergruppen, Quotienten, Operationen von Gruppen, endlich erzeugte abelsche Gruppen • Ringtheorie: Ideale, Quotienten, Polynomringe, maximale Ideale, • Irreduzibilität • Elementare Zahlentheorie: Restklassenringe, Eulersche phi-Funktion, Chinesischer Restsatz, quadratisches Reziprozitätsgesetz <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • nennen und erklären algebraische Strukturen anhand von Gruppen, Ringen und Körpern und verwenden diese; • behandeln auch komplexe Symmetrien mittels Gruppentheorie selbständig; • lösen geometrische und zahlentheoretische Probleme mittels Ringtheorie und Zahlentheorie; • sammeln und bewerten relevante Informationen und erkennen Zusammenhänge. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	empfohlen: Module Lineare Algebra I und II	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!	
9	Verwendbarkeit des Moduls	<p>Mathematische Theorie / Grundlagen des Data Science (MTG) Bachelor of Science Data Science 20221</p> <p>Nicht gewählte Vertiefungsrichtungen Bachelor of Science Data Science 20221</p>	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Klausur mit Übungsleistung</p> <p>Dauer Klausur: 120 min</p> <p>Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche)</p>	
11	Berechnung der Modulnote	Klausur mit Übungsleistung (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	<p>Präsenzzeit: 105 h</p> <p>Eigenstudium: 195 h</p>	

14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none">• M. Artin: Algebra• Fischer: Algebra• N. Jacobson: Basic Algebra I, II + Skript• S. Lang: Algebra

1	Modulbezeichnung 65720	Robuste Optimierung 1 Robust optimization	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Robuste Optimierung 1 (2 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Florian Rösel Martina Kuchlbauer Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann	
5	Inhalt	<p>Oft sind die Eingabedaten eines mathematischen Optimierungsproblems in der Praxis nicht exakt bekannt. In der robusten Optimierung werden deswegen möglichst gute Lösungen bestimmt, die für alle innerhalb gewisser Toleranzen liegenden Eingabedaten, zulässig sind.</p> <p>Die Vorlesung behandelt die Theorie und Modellierung robuster Optimierungsprobleme, insbesondere die robuste lineare und robuste kombinatorische Optimierung.</p> <p>Darüber hinaus werden anhand von Anwendungsbeispielen aktuelle Konzepte wie z.B. die wiederherstellbare Robustheit gelehrt.</p> <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • erkennen selbstständig Optimierungsprobleme unter Unsicherheit, modellieren die zugehörigen robustifizierten Optimierungsprobleme geeignet und analysieren diese; • nutzen die passenden Lösungsverfahren und bewerten die erzielten Ergebnisse. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	empfohlen: Lineare Algebra Vorteilhaft ist das Modul Lineare und Kombinatorische Optimierung.	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 4	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Datenorientierte Optimierung (DO) Bachelor of Science Data Science 20221 Nicht gewählte Vertiefungsrichtungen Bachelor of Science Data Science 20221	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich	
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	

16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none">• Vorlesungsskript zu diesem Modul• Ben-Tal, El Ghaoui, Nemirovski: Robust Optimization; Princeton University Press
----	--------------------------	--

1	Modulbezeichnung 65723	Mathematische Grundlagen zu Künstliche Intelligenz, Neuronale Netze und Data Analytics II Mathematical foundations of Artificial Intelligence, Neural Networks and Data Analytics II	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Mathematische Grundlagen zu Künstliche Intelligenz, Neuronale Netze und Data Analytics II (Mathematical Basics of Artificial Intelligence, Neural Networks and Data Analytics II) (2 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Jorge Weston Fernández Dr. Hans Georg Zimmermann	

4	Modulverantwortliche/r	Dr. Hans Georg Zimmermann	
5	Inhalt	<p><i>The focus of this lecture is on the analysis of dynamical systems, or on data which are generated by dynamical systems. Time is a strong structure in modelling, which allows an in depth structural analysis before we touch data. An example is the following question: in which way influences past the present time?. The answer is a modelling of memory: how can we do this in an efficient way?. Large dynamical system (especially in economics) are only partially observable: how to handle the missing information?. In which way learning is helpful to solve this problem?. In many real world applications the dimensionality of the observables and even more the underlying state space is very large – if the dynamics evolves along a manifold in these large spaces, how can we use the manifold to make the task tractable?. In different coordinate systems the same observed dynamics might look different complicated: what is an optimal coordinate system to do the analysis and forecasting of a dynamical system?. A question which is always popping up in the challenge of forecasting is on the minimal number of observables: which are the relevant ones?. And Last but not least, if you do a prediction, are you able to say something about the uncertainty of the forecast?. In our neural network framework we can define descriptions of uncertainties beyond an expanding normal distribution. In the context of artificial intelligence it is natural, not only to ask for a good modelling but a combined optimal action planning. In which way we merge model building and action planning?. Finally we will touch the discussion between artificial intelligence entities and humans.</i></p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p><i>The students independently recognize tasks in which neural networks are a helpful solution method and are able to construct the correct network structures for real application problems.</i></p>	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	<p><i>Mathematical basics from the bachelor's degree. It is recommended to have attended the lecture during the winter semester. (Part I).</i></p>	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Mathematische statistische Datenanalyse (MSD) Bachelor of Science Data Science 20221	

		Nicht gewählte Vertiefungsrichtungen Bachelor of Science Data Science 20221
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (15 Minuten) The lecture is planned as a block lecture exactly one week before the normal lecture period starts. Details can be found in the StudOn group.
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<i>Lecture slides</i>

1	Modulbezeichnung 95067	Machine Learning for Engineers I - Introduction to Methods and Tools Machine learning for engineers I - Introduction to methods and tools	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Machine Learning for Engineers I: Introduction to Methods and Tools (4 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Björn Eskofier Thomas Altstidl Prof. Dr. Nico Hanenkamp Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Björn Eskofier	
5	Inhalt	<p>This is an introductory course presenting fundamental algorithms of machine learning (ML) that are typically applied to data science problems. Knowledge is deepened by two practical exercises to gain hands-on experience. The course covers</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to Python programming in the field of data science • Review of typical task domains (such as regression, classification and dimensionality reduction) • Theoretical understanding of widely used machine learning methods (such as linear and logistic regression, support vector machines (SVM), principal component analysis (PCA) and deep neural networks (DNN)) • Practical application of these machine learning methods on engineering problems 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>After successfully participating in this course, students should be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • independently recognize the task domain at hand for new applications • select a suitable and promising machine learning methodology based on their known theoretical properties • apply the chosen methodology to the given problem using Python 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 2	
9	Verwendbarkeit des Moduls	<p>Maschinelles Lernen / Artificial Intelligence (AI) Bachelor of Science Data Science 20221 Nicht gewählte Vertiefungsrichtungen Bachelor of Science Data Science 20221 Wahlpflichtmodul Machine Learning Bachelor of Science Data Science 20221</p>	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur Electronic exam (online), 90min	
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)	

12	Turnus des Angebots	in jedem Semester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 0 h Eigenstudium: 150 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<p>1) Machine Learning: A Probabilistic Perspective, Kevin Murphy, MIT Press, 2012</p> <p>2) The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction, Trevor Hastie, Robert Tibshirani, and Jerome Friedman, Springer, 2009</p> <p>3) Deep Learning, Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, and Aaron Courville, MIT Press, 2016</p>

1	Modulbezeichnung 97090	Simulation und Modellierung I Simulation and modelling I	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Reinhard German	
5	Inhalt	<p>Das Modul vermittelt die Grundlagen der diskreten Ereignissimulation und beinhaltet</p> <ul style="list-style-type: none"> • diskrete Simulation • analytische Modellierung (z.B. Warteschlangen) • Eingabemodellierung (z.B. Fitting-Verfahren) • Zufallszahlenerzeugung • statistische Ausgabeanalyse • Modellierungsparadigmen (u.a. Ereignis-/Prozessorientierung, Warteschlangen, Automaten, Petri-Netze, UML, graphische Bausteine) • kontinuierliche und hybride Simulation • Simulationssoftware • Fallstudien <p>Content: Overview of the various kinds of simulation</p> <ul style="list-style-type: none"> • discrete simulation (computational concepts, simulation of queuing systems, simulation in Java, professional simulation tools) • required probability concepts and statistics, modeling paradigms (e.g., event/process oriented, queuing systems, Petri nets, UML statecharts) • input modeling (selecting input probability distributions) • random number generation (linear congruential generators and variants, generating random variates) • output analysis (warm-up period detection, independent replications, result presentation) • continuous and hybrid simulation (differential equations, numerical solution, hybrid statecharts) • simulation software, case studies, parallel and distributed simulation. 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • erwerben Kenntnisse über Verfahren und Realisierungsmöglichkeiten der diskreten Simulation mit Ausblick auf andere Simulationsarten • erwerben Kenntnisse über statistische Aspekte der Simulation, die für die Anwendung wichtig sind • wenden statistische Methoden zur Analyse und Bewertung von Eingabe- sowie Ausgabedaten an 	

		<ul style="list-style-type: none"> • erwerben praktische Erfahrung mit kommerziellen Simulationswerkzeugen • erwerben Erfahrungen bei der Simulation in verschiedenen Anwendungsbereichen (u.a. Rechnernetze, Fertigungssysteme, Materialflusssysteme) • entwickeln eigenständig anhand von Beispielaufgaben Simulationsmodelle unter Verwendung verschiedener Modellierungsparadigmen • können in Gruppen kooperativ und verantwortlich arbeiten <p>Learning targets and competences: Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • gain knowledge about methods and realization possibilities of discrete simulation with an outlook on other types of simulation • gain knowledge of statistical aspects of simulation that are important for practice • apply statistical methods for analysis and evaluation of input and output data • gain hands-on experience with commercial simulation tools • gain experience in simulation in various fields of application (including computer networks, manufacturing systems, material flow systems) • independently develop simulation models on the basis of sample tasks using different modeling paradigms • can work in groups cooperatively and responsibly
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	<p>elementare Programmierkenntnisse, vorzugsweise in Java, Mathematikkennnisse in Analysis, wie z.B. im 1. Semester der angewandten Mathematik vermittelt</p> <p>Recommended background knowledge: basic programming skills, preferably in Java, mathematics skills in analysis, such as taught in the first semester in applied mathematics.</p>
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	<p>Nicht gewählte Vertiefungsrichtungen Bachelor of Science Data Science 20221</p> <p>Simulation und Numerik (SN) Bachelor of Science Data Science 20221</p>
10	Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Klausur (90 Minuten)</p> <p>Prüfungsleistung/examination: Klausur, benotet, 5 ETCS/written exam, graded, 5 ETCS</p> <p>Dauer (in Minuten)/duration (in minutes): 90</p> <p>Anteil an der Berechnung der Modulnote/Share in the calculation of the module grade: 100.0 %</p> <p>Die im Rahmen der Übung gestellten (zwei-)wöchentlichen Übungsaufgaben müssen bestanden werden, um das Gesamtmodul anrechnen lassen zu können. Die Übung gilt als bestanden, wenn mindestens 50% der Punkte korrekt bearbeitet wurden.</p> <p>Die Bearbeitung erfolgt in Gruppen von 3 oder 4 Studenten. Die Abgabe erfolgt in Präsenz zu dedizierten Übungsterminen. Wurden mindestens</p>

		<p>70% der Punkte erreicht, wird die Endnote der bestandenen schriftlichen Prüfung entsprechend einer Notenstufe (0.3 oder 0.4) verbessert. Wurden mindestens 90% der Punkte erreicht, wird die Endnote der bestandenen schriftlichen Prüfung entsprechend zwei Notenstufe (0.6 oder 0.7) verbessert.</p> <p>-----</p> <p>The (bi-)weekly exercise tasks must be passed in order to receive credit for the entire module. The exercise is considered to be passed if at least 50% of the points have been correctly processed. The work is done in groups of 3 or 4 students. The submission is done in presence on dedicated exercise dates.</p> <p>If at least 70% of the points are achieved, the grade of the passed written exam will be improved by one grade level (0.3 or 0.4). If at least 90% of the points are achieved, the grade of the passed written exam will be improved by two grade levels (0.6 or 0.7).</p>
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	Law, "Simulation Modeling and Analysis, 5th ed., McGraw Hill, 2014

1	Modulbezeichnung 532733	Künstliche Intelligenz II Artificial intelligence II	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Artificial Intelligence II (4 SWS) Übung: Übungen zu Artificial Intelligence II (2 SWS)	- -
3	Lehrende	Prof. Dr. Michael Kohlhase	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Michael Kohlhase
5	Inhalt	Dieses Modul beschäftigt sich mit den Grundlagen der Künstlichen Intelligenz (KI), insbesondere mit Techniken des Schließens unter Unsicherheit, des maschinellen Lernens und der Sprachverarbeitung. Das Modul baut auf dem Modul Künstliche Intelligenz I vom Wintersemester auf und führt dieses weiter.
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Fach- Lern- bzw. Methodenkompetenz</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wissen: Die Studierenden lernen grundlegende Repräsentationsformalismen und Algorithmen der Künstlichen Intelligenz kennen. - Anwenden: Die Konzepte werden an Beispielen aus der realen Welt angewandt (Übungsaufgaben). - Analyse: Die Studierenden lernen über die Modellierung in der Maschine menschliche Intelligenzleistungen besser einzuschätzen. <p>Sozialkompetenz</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Studierenden arbeiten in Kleingruppen zusammen um kleine Projekte zu bewältigen. <p>Inhalte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inferenz unter Unsicherheit • Bayessche Netzwerke • Rationale Entscheidungstheorie (MDPs and POMDPs) • Machinelles Lernen und Neuronale Netzwerke • Verarbeitung Natürlicher Sprache <p>---</p> <p>This course covers the foundations of Artificial Intelligence (AI), in particular reasoning under uncertainty, machine learning and (if there is time) natural language understanding.</p> <p>This course builds on the course Artificial Intelligence I from the preceding winter semester and continues it.</p> <p>Learning Goals and Competencies</p> <p>Technical, Learning, and Method Competencies</p> <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge: The students learn foundational representations and algorithms in AI. • Application: The concepts learned are applied to examples from the real world (homeworks). • Analysis: By modeling human cognitive abilities, students learn to assess and understand human intelligence better. • Social Competences: Students work in small groups to solve the and machine learning challenge/competition. <p>Contents:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inference under Uncertainty

		<ul style="list-style-type: none"> • Bayesian Networks • Rational Decision Theory (MDPs and POMDPs) • Machine Learning and Neural Networks • Natural Language Processing
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 2
9	Verwendbarkeit des Moduls	<p>Datenbanken und Wissensrepräsentation (DW) Bachelor of Science Data Science 20221</p> <p>Maschinelles Lernen / Artificial Intelligence (AI) Bachelor of Science Data Science 20221</p> <p>Nicht gewählte Vertiefungsrichtungen Bachelor of Science Data Science 20221</p> <p>Es werden 8-12 Übungsaufgaben gestellt, in denen Bonuspunkte gesammelt werden können. Für das Bestehen des Moduls muss nur die 90-minütige schriftliche Klausur bestanden werden.</p>
10	Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Klausur (90 Minuten)</p> <p>Es werden 8-12 Übungsaufgaben gestellt, in denen Bonuspunkte gesammelt werden können. Für das Bestehen des Moduls muss nur die 90-minütige schriftliche Klausur bestanden werden.</p>
11	Berechnung der Modulnote	<p>Klausur (100%)</p> <p>Die Note ergibt sich hauptsächlich aus der 90-minütigen schriftlichen Klausur. Bei Bestehen der Klausur kann die Note um bis zu 10% durch Punkte aus den Übungsaufgaben aufge bessert werden.</p>
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	<p>Präsenzzeit: 90 h</p> <p>Eigenstudium: 135 h</p>
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<p>Die Vorlesung folgt weitgehend dem Buch</p> <p>Stuart Russell und Peter Norvig: Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice Hall, 3rd edition, 2009.</p> <p>Deutsche Ausgabe:</p> <p>Stuart Russell und Peter Norvig: Künstliche Intelligenz: Ein Moderner Ansatz. Pearson-Studium, 2004 (Übersetzung der 2. Auflage).</p> <p>ISBN: 978-3-8273-7089-1.</p> <p>Literature</p>

The course follows the following textbook: Stuart Russell and Peter Norvig: Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice Hall, 3rd edition, 2009.

1	Modulbezeichnung 806144	Beschreibungslogik und formale Ontologien Description Logics and Formal Ontologies	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Lutz Schröder	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Algorithmen für Aussagenlogik • Tableaurechnung • Anfänge der (endlichen) Modelltheorie • Modal- und Beschreibungslogiken • Ontologieentwurf 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Fachkompetenz Wissen Die Studierenden geben Definitionen der Syntax und Semantik verschiedener Wissensrepräsentationssprachen wieder und legen wesentliche Eigenschaften hinsichtlich Entscheidbarkeit, Komplexität und Ausdrucksstärke dar.</p> <p>Anwenden Die Studierenden wenden Deduktionsalgorithmen auf Beispielformeln an. Sie stellen einfache Ontologien auf und führen anhand der diskutierten Techniken Beweise elementarer logischer Metaeigenschaften.</p> <p>Analysieren Die Studierenden klassifizieren Logiken nach grundlegenden Eigenschaften wie Ausdrucksstärke und Komplexität. Sie wählen für ein gegebenes Anwendungsproblem geeignete Formalismen aus.</p> <p>Lern- bzw. Methodenkompetenz Die Studierenden erarbeiten selbständig formale Beweise.</p> <p>Sozialkompetenz Die Studierenden arbeiten in Kleingruppen erfolgreich zusammen.</p>	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1;2;3;4	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Datenbanken und Wissensrepräsentation (DW) Bachelor of Science Data Science 20221 Nicht gewählte Vertiefungsrichtungen Bachelor of Science Data Science 20221	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Portfolio Die Note setzt sich zu je 50% zusammen aus der Note in einer bis zu 30-minütigen mündlichen Prüfung und der Note aus dem Übungsbetrieb, in dem bis zu sechs Übungsblätter bearbeitet und abgegeben werden. Die Gesamtprüfung gilt nur dann als bestanden,	

		wenn die mündliche Prüfung bestanden wird und im Übungsbetrieb mindestens 50% der Punkte erreicht werden.
11	Berechnung der Modulnote	Portfolio (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 165 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • M Krötzsch, F Simancik, I Horrocks; A description logic primer, arXiv, 2012 • F. Baader et al. (ed.): The Description Logic Handbook, Cambridge University Press, 2003 • M. Huth, M. Ryan: Logic in Computer Science, Cambridge University Press, 2004 • L. Libkin: Elements of Finite Model Theory, Springer, 2004

1	Modulbezeichnung 858896	Modellierung, Optimierung und Simulation von Energiesystemen Modeling, optimization and simulation of energy systems	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Marco Pruckner
5	Inhalt	In der Vorlesung Modellierung, Optimierung und Simulation von Energiesystemen werden systemtechnische Planungs- und Analysemethoden behandelt, die zur Lösung komplexer und interdisziplinärer Entscheidungsaufgaben in der Energiewirtschaft eingesetzt werden. Dabei werden die wichtigsten Methoden und Verfahren anhand praktischer Fragestellungen (z.B. Ausbau erneuerbarer Energien, Zunahme der Elektromobilität) aus der energiepolitischen Planung vermittelt und die Bewältigung technisch-ökonomischer Probleme verdeutlicht. Zu den eingesetzten Tools zählen die Statistiksoftware R, AnyLogic und IpSolve. Vorkenntnisse im Umgang mit diesen Werkzeugen ist nicht zwingend erforderlich. In den Übungen werden Einführungen in die genannten Softwarepakete gegeben.
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • unterscheiden Probleme und Herausforderungen, die mit dem Energieumstieg verbunden sind, • erfassen die Vorteile und die Anwendungsmöglichkeiten computergestützter Planungsmethoden im Energiebereich, • analysieren verschiedene Problemstellungen und setzen Lösungen dafür um, • erlernen verschiedene Methoden der Datenanalyse, Optimierung und Simulation.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Nicht gewählte Vertiefungsrichtungen Bachelor of Science Data Science 20221 Simulation und Numerik (SN) Bachelor of Science Data Science 20221
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Portfolio
11	Berechnung der Modulnote	Portfolio (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester

13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch Deutsch oder Englisch
16	Literaturhinweise	

1	Modulbezeichnung 894856	Künstliche Intelligenz I Artificial intelligence I	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Michael Kohlhase	
5	Inhalt	<p>Dieses Modul beschäftigt sich mit den Grundlagen der Künstlichen Intelligenz (KI), insbesondere formale Wissensrepräsentation, Heuristische Suche, Automatisches Planen und Schliessen unter Unsicherheit.</p> <p>---</p> <p>This module covers the foundations of Artificial Intelligence (AI), in particular symbolic techniques based on search and inference.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> - Wissen: Die Studierenden lernen grundlegende Repräsentationsformalismen und Algorithmen der Künstlichen Intelligenz kennen. - Anwenden: Die Konzepte werden an Beispielen aus der realen Welt angewandt (Übungsaufgaben). - Analyse: Die Studierenden lernen die über die modellierung in der Maschine menschliche Intelligenzleistungen besser einzuschätzen. <p>Sozialkompetenz</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Studierenden arbeiten in Kleingruppen zusammen um kleine Projekte zu bewältigen <p>*Inhalt*:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Agentenmodelle als Grundlage der Künstlichen Intelligenz - Logisches Programmieren in Prolog - Heuristische Suche als Methode zur Problemlösung - Zwei-Agenten-Suche (automatisierung von Brettspielen) mittels heuristischer Suche - Constraint Solving/Propagation - Logische Sprachen für die Wissensrepräsentation - Inferenz and Automatisiertes Theorembeweisen (DPLL-Varianten und PL1)_ - Classisches Planen - Planen und Agieren in der wirklichen Welt. <p>---</p> <p>Technical, Learning, and Method Competencies</p> <ul style="list-style-type: none"> - Knowledge: The students learn foundational representations and algorithms in AI. - Application: The concepts learned are applied to examples from the real world (homeworks). - Analysis: By modeling human cognitive abilities, students learn to assess and understand human intelligence better. - Social Competences: Students work in small groups to solve an AI game-play challenge/competition (Kalah). 	

		<p>Contents: Foundations of symbolic AI, in particular:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Agent Models as foundation of AI - Logic Programming in Prolog - Heuristic Search as a method for problem solving - Adversarial Search (automating board games) via heuristic search - Constraint Solving/Propagation - Logical Languages for knowledge representation - Inference and automated theorem proving - Classical Planning - Planning and Acting in the real world.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!
9	Verwendbarkeit des Moduls	<p>Datenbanken und Wissensrepräsentation (DW) Bachelor of Science Data Science 20221</p> <p>Maschinelles Lernen / Artificial Intelligence (AI) Bachelor of Science Data Science 20221</p> <p>Nicht gewählte Vertiefungsrichtungen Bachelor of Science Data Science 20221</p>
10	Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Klausur (90 Minuten)</p> <p>Es werden 8-12 Übungsaufgaben gestellt, in denen Bonuspunkte gesammelt werden können. Für das Bestehen des Moduls muss nur die 90-minütige schriftliche Klausur bestanden werden.</p>
11	Berechnung der Modulnote	<p>Klausur (100%)</p> <p>Die Note ergibt sich hauptsächlich aus der 90-minütigen schriftlichen Klausur. Bei Bestehen der Klausur kann die Note um bis zu 10% durch Punkte aus den Übungsaufgaben aufgebessert werden.</p>
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	<p>Präsenzzeit: 90 h</p> <p>Eigenstudium: 135 h</p>
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	<p>Deutsch</p> <p>Englisch</p>
16	Literaturhinweise	<p>Die Vorlesung folgt weitgehend dem Buch</p> <p>Stuart Russell und Peter Norvig: Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice Hall, 3rd edition, 2009.</p> <p>Deutsche Ausgabe:</p> <p>Stuart Russell und Peter Norvig: Künstliche Intelligenz: Ein Moderner Ansatz. Pearson-Studium, 2004 (Übersetzung der 2. Auflage). ISBN: 978-3-8273-7089-1.</p>

1	Modulbezeichnung 981660	Simulation und Wissenschaftliches Rechnen Simulation and scientific computing 1	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Christoph Pflaum Prof. Dr. Ulrich Rüde	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Performance Optimierung für numerische Algorithmen • OpenMP Parallelisierung • Finite Differenzen Diskretisierung im Ort • Praktische Abschätzung des Diskretisierungsfehlers und der Konvergenzgeschwindigkeit numerischer Verfahren • Software Entwicklung im Bereich des wissenschaftlichen Rechnens • MPI Parallelisierung • Finite Differenzen Diskretisierung für zeitabhängige Probleme 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • lernen Techniken zur Optimierung von Algorithmen im Bereich des wissenschaftlichen Rechnens • lernen selbständig Algorithmen auf Parallelrechnern zu implementieren und zu optimieren • lernen theoretisch die Stabilität von numerischen Algorithmen zu untersuchen 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Voraussetzung ist ein Modul im Bereich Numerik	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Nicht gewählte Vertiefungsrichtungen Bachelor of Science Data Science 20221 Simulation und Numerik (SN) Bachelor of Science Data Science 20221	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Portfolio	
11	Berechnung der Modulnote	Portfolio (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	

16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none">• Lehrbuch: G. Hager und G. Wellein, Introduction to High Performance Computing for Scientists and Engineers, CRC Press, 2010.• Lehrbuch: Goedecker und Adolfo Hoisie. Performance Optimization of Numerically Intensive Codes, SIAM, 2001.• Lehrbuch: Gropp, Lusk, Skjellum, Using MPI. The MIT Press, 1999.• Lehrbuch: Alexandrescu, Modern C++ Design, Generic Programming and Design Patterns. Addison-Wesley, 2001.• Lehrbuch: Burden, Faires, Numerical Analysis, Brooks, 2001.• Lehrbuch: Chandra et. al., Programming in OpenMP, Academic Press, 2001.
----	--------------------------	---

1	Modulbezeichnung 984981	Modallogik Modal logic	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Modallogik (4 SWS)	7,5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Lutz Schröder	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Lutz Schröder	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Relationale Modallogiken • Ausdrucksstärke • Aximatisierung und Vollständigkeit • Entscheidbarkeit und Komplexität • Programmverifikation mittels dynamischer und temporaler Logiken • Modaler mu-Kalkül • Koalgebraische Logik 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Fachkompetenz Wissen Die Studierenden geben grundlegende Definitionen, Axiomatisierungen und Resultate aus der Metatheorie der Modallogik wieder.</p> <p>Anwenden Die Studierenden führen beispielhaft Beweise in modallogischen Deduktionssystemen und wenden modallogische Schlussfolgerungsalgorithmen korrekt an. Sie instanzieren gängige Vollständigkeitskriterien auf konkrete Modallogiken.</p> <p>Analysieren Die Studierenden teilen Logiken gemäß ihrer metalogischen Eigenschaften wie Axiomatisierbarkeit, Entscheidbarkeit oder Komplexität ein; sie wählen für gegebene Anwendungszwecke geeignete Logiken aus.</p> <p>Erschaffen Die Studierenden führen selbständig metatheoretische Beweise über Modallogiken.</p> <p>Lern- bzw. Methodenkompetenz Die Studierenden erarbeiten selbständig formale Beweise.</p> <p>Sozialkompetenz Die Studierenden arbeiten in Kleingruppen erfolgreich zusammen.</p>	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Datenbanken und Wissensrepräsentation (DW) Bachelor of Science Data Science 20221 Nicht gewählte Vertiefungsrichtungen Bachelor of Science Data Science 20221	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich	

11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	Unregelmäßig
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 56 h Eigenstudium: 169 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch Englisch
16	Literaturhinweise	<p>Sally Popkorn, [First Steps in Modal Logic], 314 pages, Cambridge University Press, 1994.</p> <p>Patrick Blackburn, Maarten de Rijke and Yde Venema, [Modal Logic], 554 pages, Cambridge University Press, 2001.</p> <p>Alexander Chagrov and Michael Zakharyashev, [Modal Logic], 605 pages, Oxford University Press, 1997.</p>

1	Modulbezeichnung 47576	Enterprise Application Development und Evolutionäre Informationssysteme eBusiness technologies and evolutionary information systems	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Enterprise Application Development (ehemals eBusiness Technologies) (2 SWS) Vorlesung: Evolutionäre Informationssysteme (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lehrende	Florian Irmert Nadja Deuerlein Prof. Dr.-Ing. Richard Lenz	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Richard Lenz	
5	Inhalt	<p>EAD</p> <p>Themen u.a. aus den folgenden Bereichen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Softwareengineering wie z. B. Design Pattern • Softwarearchitektur wie z. B. Skalierbarkeit, Wartbarkeit und Erweiterbarkeit • Web Frameworks wie z. B. React • User Experience und Usability wie z. B. UI Guidelines • Agile Softwareentwicklung wie z. B. Scrum • DevOps wie z. B. Continuous Integration <p>EIS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen rechnergestützter Informationssysteme und organisatorisches Lernen • Erfolgsfaktoren für Projekte • Software Wartung vs. Software Evolution • Architekturmodelle • Grundprinzipien evolutionärer Systeme • Datenqualität in Informationssystemen 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>EAD:</p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • können einen Überblick über die Entwicklung von Web-Applikationen geben • wiederholen Grundlagen des Webs, von Datenaustauschformaten und serverseitige Technologien • unterscheiden Herangehensweisen zur dynamischen Generierung von Webseiten • wiederholen Grundlagen des SW-Engineerings • verstehen wichtige Design-Patterns • verstehen die Bedeutung von Software-Architektur • verstehen grundlegende Eigenschaften eines Web-Frameworks • können wichtige Zusammenhänge und Kriterien im Bereich UX erläutern • verstehen agile Vorgehensmodelle zur Software-Entwicklung • verstehen die Herausforderungen in Bezug auf den Betrieb von Anwendungen (DevOps) 	

EIS:

Die Studierenden:

- definieren die Begriffe "Informationssysteme", "evolutionäre Informationssysteme" und "organisatorisches Lernen"
- grenzen die Begriffe "Wissen" und "Information" gegeneinander ab
- charakterisieren die in der Vorlesung erläuterten Formen der organisatorischen Veränderung
- erklären das SEKI Modell nach Nonaka und Takeuchi
- nennen Beispiele für die in der Vorlesung behandelten Formen der Wissensrepräsentation in IT-Systemen
- nennen typische Erfolgs- und Risikofaktoren für große IT-Projekte
- erklären die Kraftfeldtheorie nach Kurt Lewin
- unterscheiden Typen von Software gemäß der Klassifikation nach Lehman und Belady
- unterscheiden die in der Vorlesung vorgestellten Arten der Software Wartung
- benennen die Gesetzmäßigkeiten der Software-Evolution nach Lehman und Belady
- bewerten die in der Vorlesung vorgestellten Vorgehensmodelle zur Softwareerstellung im Kontext der E-Typ-Software
- nennen die in der Vorlesung vorgestellten Aspekte der Evolutionsfähigkeit von Software
- erklären, wie die in der Vorlesung vorgestellten Methoden zur Trennung von Belangen beitragen
- erklären das Konzept des "Verzögerten Entwurfs"
- erklären die Vor- und Nachteile generischer Datenbankschemata am Beispiel von EAV und EAV/CR
- charakterisieren die in der Vorlesung vorgestellten Architekturkonzepte
- grenzen die in der Vorlesung vorgestellten Integrationsanforderungen gegeneinander ab
- erklären wie Standards zur Systemintegration beitragen und wo die Grenzen der Standardisierung liegen
- erklären das Prinzip eines Kommunikationsservers und der nachrichtenbasierten Integration
- erklären den Begriff "Prozessintegration"
- definieren den Begriff "Enterprise Application Integration" (EAI)
- unterscheiden die in der Vorlesung vorgestellten Integrationsansätze
- erklären die in der Vorlesung vorgestellten Dimensionen der Datenqualität
- unterscheiden die grundlegenden Messmethoden für Datenqualität
- erklären das Maßnahmenportfolio zur Verbesserung der Datenqualität nach Redman
- benennen die in der Vorlesung vorgestellten Methoden zur Verbesserung der Datenqualität

7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Programmieren in Java, Datenbanken (SQL)
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Datenbanken und Wissensrepräsentation (DW) Bachelor of Science Data Science 20221 Nicht gewählte Vertiefungsrichtungen Bachelor of Science Data Science 20221
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (60 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	
16	Literaturhinweise	siehe Lehrveranstaltungsbeschreibungen

1	Modulbezeichnung 65791	Differentialgleichungsmodelle Differential Equation Models	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Differentialgleichungsmodelle (2 SWS) Übung: Übungen zu Differentialgleichungsmodelle (2 SWS)	- -
3	Lehrende	Dr. Alexander Prechtel	

4	Modulverantwortliche/r	apl. Prof. Dr. Wilhelm Merz	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Mathematische Biologie: Modelle aus GDG (gewöhnliche Differentialgleichungen) oder PDG (partielle Differentialgleichungen) • Numerische Verfahren für Anfangswertaufgaben für GDG • Softwarenutzung zur Netzwerksimulation • Diffusionsgleichung stationär und instationär • Transportgleichung und Konvektions- Diffusionsgleichung. 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • können numerische Verfahren für gewöhnliche Differentialgleichungen in den Grundlagen erklären, sodass sie Simulationen mit gegebener Software kritisch bewerten können; • können mit der in der Übung verwendeten Software zielorientiert umgehen; • beherrschen die Modelle aus partiellen Differentialgleichungen soweit, dass sie biologische Phänomene einem Gleichungstyp zuordnen können. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Inhaltliche Voraussetzung sind die Module ILS - M1 und M2	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 4	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Nicht gewählte Vertiefungsrichtungen Bachelor of Science Data Science 20221 Simulation und Numerik (SN) Bachelor of Science Data Science 20221	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (90 Minuten)	
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesungsskript zu diesem Modul 	

- Eck, Ch., Garcke, H., Knabner, P, Mathematische Modellierung, Springer, 2008
- Lehrbücher der mathematischen Biologie

Chemie

1	Modulbezeichnung 62038	Theoretische Chemie 3 Theoretical chemistry 3	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: ThC 3 - Ü (2 SWS) Vorlesung: Theoretische Chemie 3 (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Andreas Görling	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Andreas Görling	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Mehrelektronenwellenfunktionen, Slater-Determinanten • Einführung in die Hartree-Fock-Methode • Einführung in die Dichtefunktionaltheorie • Anwendungsbeispiele quantenchemischer Methoden • Mathematische Grundlagen der Gruppentheorie • molekulare Punktgruppen • Konstruktion symmetrieadaptierter Linearkombinationen von Atomorbitalen • Molekülorbitale und ihre Symmetrie • Molekülschwingungen in harmonischer Näherung • Symmetrierauswahlregeln in der IR-Spektroskopie 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen die Grundlagen der wichtigsten quantenchemischen Methoden und deren Anwendung auf • Mehrelektronensysteme (Atome und Moleküle) • verstehen und beherrschen die Prinzipien der Molekülorbitaltheorien und können verschiedene Bindungstypen beschreiben und erklären • sind mit den Grundlagen der Gruppentheorie und ihrer Anwendung in der Chemie vertraut • verstehen gruppentheoretische Sachverhalte und deren Anwendung auf verschiedene Spektroskopien 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	<p>Es wird dringend empfohlen, vor Modulbeginn folgende Module erfolgreich abgelegt zu haben:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Theoretische Chemie 1 • Theoretische Chemie 2 	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 4	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Chemie Bachelor of Science Data Science 20221	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (90 Minuten)	
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	

15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	Ein umfassendes Skript für die Vor- und Nachbereitung des Stoffes der Vorlesung und der Übungen wird auf StudOn zur Verfügung gestellt.

1	Modulbezeichnung 62059	Theoretische Chemie 2 Theoretical chemistry 2	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Andreas Göring	
5	Inhalt	<p>VORL:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Begriffe und Grundprinzipien der Quantenmechanik • Teilchen im Kasten • Tunneleffekt • harmonischer Oszillator • quantenmechanische Behandlung des Drehimpulses • Wasserstoffatom • Elektronenspin und Pauli-Prinzip • Aufbau der Atome • angeregte Zustände • einfache zweiatomige Moleküle. <p>UE:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erlernen praktischer Rechentechniken • Behandlung vertiefender Beispiele zum Stoff der Vorlesung. 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • verfügen über grundlegende Kenntnisse der Quantenmechanik und deren Anwendung zur Beschreibung von Strukturen, des Atomaufbaus und der Theorie der chemischen Bindung • kennen praktische Rechentechniken des Lerngebietes und können diese auf vertiefende Beispiele aus dem Stoff der Vorlesung selbständig anwenden. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	<p>Es wird dringend empfohlen, vor Modulbeginn folgendes Modul erfolgreich besucht zu haben:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Theoretische Chemie 1 	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 3	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Chemie Bachelor of Science Data Science 20221	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (90 Minuten)	
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h	

14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	Ein umfassendes Manuskript für die Vor- und Nachbereitung des Stoffes der Vorlesung und der Übungen wird auf StudOn zur Verfügung gestellt!

Digital Humanities

1	Modulbezeichnung 77881	Einführung in die Digitalen Geistes- und Sozialwissenschaften Introduction to digital humanities and social sciences	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Tutorium: Tutorium für "Informatische Werkzeuge" (2 SWS, SoSe 2025) Vorlesung: Informatische Werkzeuge in den Geistes- und Sozialwissenschaften II (2 SWS, SoSe 2025)	- 2,5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Michael Kohlhase	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Michael Kohlhase Dr. Sabine Lang	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Geschichte und Begriffsbestimmung der Digitalen Geistes- und Sozialwissenschaften • Grundlegende und anwendungsorientierte Programme für die Digitalen Geistes- und Sozialwissenschaften • Überblick über Methoden und praktische Anwendungsmöglichkeiten der Digitalen Geistes- und Sozialwissenschaften und ihre technischen Grundlagen • anwendungsorientierte Vermittlung der Schnittstellen zwischen Technologie und Geistes- und Sozialwissenschaften • Überblick über die thematischen Schwerpunktbereiche Text, Sprache, Bild, Medien, Gesellschaft, Raum • Sensibilisierung für Rechtsfragen im Umgang mit digitalen Daten 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Wissen Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • erlernen die Geschichte der Digital Humanities • kennen die thematische Breite des Faches • kennen fachspezifische Terminologie und können sie in Diskussionen und schriftlichen Arbeiten anwenden • erlernen die Grundlagen der theoretischen Methoden <p>Verstehen Die Studierenden können die Geschichte und Inhalte des Faches reflektiert wiedergeben</p> <p>Anwenden Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • können die fachspezifische Terminologie in Diskussionen und schriftlichen Arbeiten anwenden • sind in der Lage Softwarelösungen für geistes- und sozialwissenschaftliche Fragestellungen zu verwenden • übertragen die Standards zur guten wissenschaftlichen Praxis in den eigenen Arbeiten • Erschaffen <p>Die Studierenden passen Softwarelösungen für Geistes- und Sozialwissenschaftliche Fragestellungen an</p> <p>Evaluieren</p>	

		<p>Die Studierenden entscheiden auf Grund ihrer Kenntnisse über die notwendige methodologische Vorgehensweise bei Datenanalysen</p> <p>Kompetenzen Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • organisieren ihre Zeit so, dass Vor- und Nachbereitung der Lehrveranstaltungen angemessen durchgeführt werden können; • planen ihre Prüfungsvorbereitung langfristig; • ergänzen das Material um eigene Beispiele; • bearbeiten Beispiele und Aufgaben aus Vorlesungen und Übungen selbständig nach; • übernehmen selbst Verantwortung für die Aneignung des Stoffs; • arbeiten kontinuierlich und vermeiden das Hinausschieben von Arbeiten
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!
9	Verwendbarkeit des Moduls	Digital Humanities Bachelor of Science Data Science 20221
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich/mündlich schriftlich/mündlich schriftlich/mündlich
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich/mündlich (bestanden/nicht bestanden) schriftlich/mündlich (bestanden/nicht bestanden) schriftlich/mündlich (bestanden/nicht bestanden)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h
14	Dauer des Moduls	2 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch Englisch
16	Literaturhinweise	

1	Modulbezeichnung 77891	DH-Modul 1: Schwerpunkt Sprache und Text DH module 1: Language and text	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Seminar: DH 1 - Sprache und Text (4 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Andreas Blombach Prof. Dr. Agnes Michaela Mahlberg Dr. Marianna Grachova	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Stephanie Evert Prof. Dr. Agnes Michaela Mahlberg	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Repräsentation und Verarbeitung von Textdaten • Strukturierte Auszeichnungsformate • Datenbanken • Erstellung von Korpora und digitalen Editionen • Indexierung und Suche • Quantitative Auswertung 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden erlernen grundlegende Fähigkeiten in den Bereichen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Repräsentation und Verarbeitung von Textdaten • Strukturierte Auszeichnungsformate • Datenbanken • Erstellung von Korpora und digitalen Editionen • Indexierung und Suche • Quantitative Auswertung <p>Im Rahmen des Seminars erwerben sie Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • sich eigenständig Wissen aus Lehrbüchern, Tutorien und Online-Materialien anzueignen • einschlägige Fachliteratur zu erschließen • ihr Wissen mit Unterstützung elektronischer Präsentationsprogramme zu vermitteln • und konstruktive Diskussionen zu führen <p>Im Rahmen der Übung erwerben sie praktische Fähigkeiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • zur Erstellung von Korpora und digitalen Editionen • zur Nutzung korpus- und computerlinguistischer Werkzeuge • zur kritischen Analyse und Interpretation von Textdaten auf Basis von Suchwerkzeugen und quantitativen Auswertungen • zur Selbstorganisation und effizienten Zeiteinteilung • sowie für die Teamarbeit zur Durchführung komplexer Aufgaben 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Module „Einführung“ (Teil 1) und GdI empfohlen	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Digital Humanities Bachelor of Science Data Science 20221 BA Digitale Geistes- und Sozialwissenschaften	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (90 Minuten)	

11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	Jannidis, Fotis / Kohle, Hubertus / Rehbein, Malte (Hrsg.): Digital Humanities. Eine Einführung. Stuttgart: Metzler, 2017. [im Volltext über UB verfügbar; neue Auflage erscheint im Juli]

1	Modulbezeichnung 77893	DH-Modul 3: Schwerpunkt Bild und Medien DH module 3: Visual media	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: DH-3: Bild und Medien (4 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Dr.-Ing. Frank Bauer Dr. Sabine Lang	

4	Modulverantwortliche/r	Dr.-Ing. Frank Bauer	
5	Inhalt	<p>Gegenstand des Moduls ist der Schwerpunkt Bild und visuelle Medien im Bereich der Digital Humanities. Die einzelnen Themenkomplexe werden jeweils aus der Perspektive der Informatik sowie der Humanities präsentiert und analysiert. Dazu gehören u.a.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bildverarbeitung, Graphische Datenverarbeitung, Pattern recognition, Computer Vision, • Bild- und Objektdatenbanken • Visualisierung • 3D: Scanningverfahren, 3D-Reproduktion und Rekonstruktion • Augmented / Virtual Reality • Interaktive Bildmedien • Digitale Bild- und Medientheorie/-technik 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • vertiefen die Grundlagen der Bildverarbeitung • testen grundlegende Graph-, Baum- und Bildverarbeitungs-Algorithmen • kennen, analysieren und arbeiten effizient mit Bild- und Objektdatenbanken • unterscheiden Konzepte der Visualisierung • wenden 3D-Techniken an, • erstellen und hinterfragen Ansprüche und Möglichkeiten der 3D-Reproduktion und Rekonstruktion • entwickeln Projekte zum Einsatz von VR/AR • kennen die Grundlagen der Interaktiven Bildmedien und verschiedene Anwendungsbereiche • skizzieren ausgewählte Ansätze der Digitalen Bild- und Medientheorie/-technik 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Module Einführung, Gdl empfohlen.	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Digital Humanities Bachelor of Science Data Science 20221 BA Digitale Geistes- und Sozialwissenschaften	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Portfolio	
11	Berechnung der Modulnote	Portfolio (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester	

13	Wiederholung der Prüfungen	Die Prüfungen dieses Moduls können nur einmal wiederholt werden.
14	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
15	Dauer des Moduls	1 Semester
16	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch Englisch
17	Literaturhinweise	

Geowissenschaften

1	Modulbezeichnung 64930	Kompetenzseminar zum Klimawandel: Grundlagen- u. Kompetenzen zu Nachhaltigkeitsherausforderungen Skills seminar climate change: Fundamentals and skills for sustainability challenges	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Seminar: Kompetenzseminar zum Klimawandel [Modulstudien Naturale + Freier Bereich Lehramtsstudierende + Nebenfach] (2 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Marlene Lasthaus Julia Pompe PD Dr. Anette Regelous	

4	Modulverantwortliche/r	PD Dr. Anette Regelous	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Fachvorträge von verschiedenen Experten zum Klimawandel aus den Naturwissenschaften, Wirtschaftswissenschaften, der Pädagogik sowie von Lehrpersonen aus der Praxis • Motivation zum ehrenamtlichen gesellschaftlichen Engagement • Science Communication im Themenfeld des Klimawandels • Aktuelle fachwissenschaftliche und gesellschaftliche Diskurse zum Klimawandel • Persönliche und globale Konsum- und Lebensstile und ihre potentiellen Folgewirkungen • Nachhaltigkeitsaspekte aus den Natur-, Geistes- und Wirtschaftswissenschaften 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> • können umfassende, transdisziplinäre wissenschaftliche Erkenntnisse zu den aktuellen gesellschaftlichen Diskussionen rund um die Thematik Klimawandel wiedergeben und erläutern • entwickeln die Bereitschaft zu eigenem gesellschaftlichen Engagement • kennen unterschiedliche Ansätze zu Science Communication im Themenfeld Klimawandel • Argumentationskompetenz und kritische Reflexion der Thematik Klimawandel vorweisen • Kreativitätsmethoden zur Erstellung pädagogischer Konzepte darstellen und umsetzen • Teamfähigkeiten und soziale Kompetenzen stärken 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Geowissenschaften Bachelor of Science Data Science 20221	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Seminarleistung Seminarleistung (Projektpräsentation 10 Minuten)	

11	Berechnung der Modulnote	Seminarleistung (100%)
12	Turnus des Angebots	in jedem Semester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 21 h Eigenstudium: 129 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch Englisch
16	Literaturhinweise	

1	Modulbezeichnung 64933	Computer in den Geowissenschaften Computers in Geosciences	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Wolfgang Kießling Dr.  Kocsis	
5	Inhalt	During this intensive user-oriented module students will learn key statistical skills and programming techniques relevant for Geosciences (Correlations, regression models, ANOVA, multivariate methods). The block course comprises a set of lectures that explain analytical concepts and procedures, as well as practical sessions where students can use the software and scripting routines to achieve large scale data analysis and standalone implementation processes. Statistical analyses and handling of large quantities of data will be conducted in different software applications including R (www.r-project.org). The course also covers the professional management of large data sets in databases as well as visualisation of analytical results.	
6	Lernziele und Kompetenzen	After the course, students should be able to 1) Use the statistical program R to apply the treated statistical methods, 2) compare the covered analytical methods and reflect on underlying common principles, 3) critically judge and visualise the results of a statistical model, 4) learn novel analytical approaches and software (not covered by the course) faster and/or more comprehensively. Student will be prepared for analysing and visualising own data during their Bachelor thesis.	
7	Voraussetzungen fur die Teilnahme	<ul style="list-style-type: none"> • Basic computer skills • Mathematics for natural sciences 	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 2;3	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Geowissenschaften Bachelor of Science Data Science 20221	
10	Studien- und Prufungsleistungen	ubungsleistung Active participation and successfully conducted exercises.	
11	Berechnung der Modulnote	ubungsleistung (100%) The module is without grading.	
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Prsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 120 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	

15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	

Medical Data Science

1	Modulbezeichnung 22801	Grundlagen der Anatomie und Physiologie Foundations of anatomy and physiology	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Grundlagen der Anatomie und Physiologie für Medizintechniker, Naturwissenschaftler und Ingenieure (2 SWS, SoSe 2025)	-
3	Lehrende	Dr. Jana Dahlmanns Prof. Dr. Christian Alzheimer Prof. Dr. Peter Soba	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini	
5	Inhalt	<p>Die Grundlagen der menschlichen Physiologie und Anatomie werden betrachtet. Dabei wird das grundlegende menschliche Nervensystem, Auge, Ohr, das somatosensorische System und die zentrale Motorik des Menschen betrachtet. Im zweiten Teil der Vorlesung wird das Herz-Kreislauf System sowie das Magen-Darm System und der Blut- und Atmungskreislauf erklärt.</p> <p>Content: The fundamentals of human physiology and anatomy are considered. The basic human nervous system, eye, ear, somatosensory system and central motor system are considered. In the second part of the lecture, the cardiovascular system is explained, as well as the gastrointestinal system and the blood and respiratory circulation.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> kennen den grundlegenden Aufbau des menschlichen Körpers. verstehen die Mechanismen des Blut- und Atmungskreislaufs, Motorik und des Herz- Kreislaufsystems. <p>Educational Goals and Competences: The students</p> <ul style="list-style-type: none"> know the fundamental structure of the human body. understand the mechanisms of blood and breathing circulation, motor function and the cardiovascular system. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Medical Data Science Bachelor of Science Data Science 20221	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (45 Minuten) derzeit mündliche Prüfung (15 Min.) currently taking an oral exam (15 min.)	
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)	
12	Turnus des Angebots	in jedem Semester	

13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	2 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	Geeignete begleitende Literatur wird in der Vorlesung genannt./ Relevant accompanying literature will be detailed during the lecture.

1	Modulbezeichnung 96835	Seminar und Praktikum Biosignalverarbeitung Seminar and laboratory course: Biosignal processing	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Dr. Jana Dahlmanns apl. Prof. Dr. Clemens Forster	
5	Inhalt	<p>Es werden verschiedene klinisch orientierte Methoden vorgestellt, mit denen verschiedene Vitalparameter am Menschen erfasst werden. Dazu werden zunächst die theoretischen Grundlagen im Seminar mittels Referaten vorgestellt. Anschließend werden im Praktikum entsprechende Versuche und Messungen durchgeführt. Zu jedem Praktikum muss eine Ausarbeitung (Praktikumsbericht) erstellt werden, in der Ergebnisse und Beobachtungen mit gängigen Methoden der Signalverarbeitung weiter analysiert und diskutiert werden.</p> <p>In this module, various clinically oriented methods are presented with which different vital parameters are recorded in humans. To this end, the theoretical principles are first presented in the seminar by means of lectures. Subsequently, corresponding experiments and measurements are carried out in the practical course. A report must be written for each practical course in which the results and observations are further analyzed and discussed using standard signal processing methods.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Inhalt des Seminars: Vorstellung klinisch relevanter Biosignale, Verfahren zu deren Ableitung und Weiterverarbeitung. In 7 Praktikumsnachmittagen werden Versuche und Messungen an den Teilnehmern durchgeführt und die abgeleiteten Signale sollen anschließend mit verschiedenen Verfahren nachbearbeitet werden. Folgende Versuche sind vorgesehen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ableitung des EKG. Auswertung dazu: Einfluss von Abtastfrequenz und Filtereinstellung, Detektion und Eliminierung von Störungen, QRS-Detektion und Analyse von Spätpotentialen. • Nerv- und Muskelsignale: Ableitung von EMG und ENG zur Bestimmung der Nervenleitgeschwindigkeit. Prinzip der elektrischen Stimulation von Nerv und Muskel. • Spirometrie: Atemvolumina und deren Messung mittels Spirometrie. Messung des Atemwegswiderstandes und dessen Abhängigkeit von der Atemstellung. Automatische Bestimmung der gesuchten Größen. • Kreislauf: Messung des Blutdrucks nach Riva-Rocci, mittels automatischen Geräten und kontinuierlich. Analyse der Blutdruckregelung bei Belastung (Orthostase, körperliche Anstrengung). Analyse der Herzfrequenz in Abhängigkeit von der Atmung. Herzratenvariabilität. 	

		<ul style="list-style-type: none"> • EEG: Ableitung eines EEG. Klassifikation hinsichtlich der Frequenzanteile. Ableitung und Auswertung ereigniskorrelierter Potentiale im EEG. • Otoakustische Emissionen (OAE): Auslösen und Registrieren von OAE bei verschiedenen Lautstärken. Analyse von OAE. • Demonstration verschiedener Geräte und Verfahren zur Untersuchung am Patienten: Sensorische und akustische Schwellenmessungen, Gleichgewichtsregulation, Untersuchung der Farbempfindung, Gesichtsfeldmessung (Perimetrie). <p>Content of the seminar: Presentation of clinically relevant biosignals, methods for their derivation and further processing. In 7 practical sessions, experiments and measurements will be carried out on the participants and the derived signals will then be post-processed using various methods. The following experiments will be carried out:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recording of the ECG. Evaluation of this: Influence of sampling frequency and filter setting, detection and elimination of interference, QRS detection and analysis of late potentials. • Nerve and muscle signals: recording of EMG and ENG to determine the nerve conduction velocity. Principle of electrical stimulation of nerve and muscle. • Spirometry: respiratory volumes and their measurement using spirometry. Measurement of airway resistance and its dependence on breathing position. Automatic determination of the required parameters. • Circulation: Measurement of blood pressure according to Riva-Rocci, using automatic devices and continuously. Analysis of blood pressure regulation during exercise (orthostasis, physical exertion). Analysis of heart rate as a function of breathing. Heart rate variability. • EEG: recording of an EEG. Classification with regard to frequency components. Recording and evaluation of event-related potentials in the EEG. • Otoacoustic emissions (OAE): triggering and recording of OAE at different volumes. Analysis of OAEs. • Demonstration of various devices and procedures for examination on patients: sensory and acoustic threshold measurements, balance regulation, examination of color perception, visual field measurement (perimetry).
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	<p>Grundlagen der Anatomie und Physiologie für Medizintechniker, Naturwissenschaftler und Ingenieure</p> <p>Fundamentals of Anatomy and Physiology for Engineers</p>
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!
9	Verwendbarkeit des Moduls	Medical Data Science Bachelor of Science Data Science 20221

10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel Seminarvortrag und Praktikumsprotokolle
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 75 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch Deutsch oder Englisch
16	Literaturhinweise	

1	Modulbezeichnung 96838	Computational Medicine I	2,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Michael Döllinger	
5	Inhalt	<p>Die Vorlesung vermittelt die Anwendung von computergestützten experimentellen und numerischen Methoden auf dem Gebiet der Stimmforschung. Es wird gezeigt, wie im Ingenieursstudium erlernte Methoden und Techniken in der medizinischen/klinischen Forschung zur Anwendung kommen. Dies wird anhand des Stimmstehungsprozesses dargestellt, der strömungs- und strukturmechanische sowie akustische Aspekte umfasst. Die große Herausforderung in der Stimmforschung ist dabei, dass der Stimmstehungsprozess am lebenden Menschen nur sehr eingeschränkt untersucht werden kann, da im menschlichen Kehlkopf Messsonden und Sensoren nur sehr schwer oder überhaupt nicht platziert werden können.</p> <p>Aus diesem Grund werden in dieser Vorlesung neben der Vermittlung der relevanten Physiologie und Anatomie, experimentelle und numerische Modellierungsstrategien, visuelle und Laser-gestützte Techniken zur in vivo Visualisierung der Stimmlippenschwingung und kombinierte experimentell-numerische Methoden zur Analyse des Fluid-Struktur-Akustik-gekoppelten Prozesses erarbeitet. Hierbei werden folgende Techniken und Methoden vermittelt:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Endoskopietechniken auf Basis digitaler Hochgeschwindigkeitskameras 2) Digitale Bildverarbeitung und -analyse: klassische und moderne Deep Learning Verfahren 3) 3D Laserstützte Highspeed-Visualisierung der Stimmlippenschwingung 4) Entwicklung von klinischen Diagnostik- und Analysetechniken zur objektiven Beurteilung von Pathologien 5) Numerische Modellierung der Stimmlippendynamik mit Massenmodellen und Finiten Elementen 6) Numerische Simulation der Kehlkopfströmung und der Interaktion mit den Stimmlippen 7) Numerische Simulation der Schallentstehung auf Basis der Kehlkopfströmung 8) Experimentelle Modellierung des Kehlkopfes: synthetische und exzidierte Kadaver-Modelle 9) Optimierungsverfahren zur multimodalen Analyse von klinischen Hochgeschwindigkeitsaufnahmen mittels numerischer Stimmlippenmodelle 10) Analyse und Bearbeitung generierter Daten 	

		<p>The lecture communicates the application of computer controlled experimental and numerical methods in the area of physiological and pathological speech communication and speech production. It is communicated how learned theory and learned methods can be applied in medical and clinical oriented research. The main focus is on the process of voice production with its complex physical fluid-structure-acoustic interactions (FSAI). The challenge in clinical routine is the limited accessibility of the larynx where the sound is actually produced. This limited access makes it very difficult to place sensors and measurement tools directly in the living human.</p> <p>Hence, the lecture (1) briefly communicates relevant physiology and anatomy being requisite to actually understand the problem. (2) Experimental and numerical model strategies, visual and laser based techniques for visualization and (3) experimental / numerical methods for analysis of the fluid-structure-acoustic interaction are communicated. This includes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Imaging by High-speed-video endoscopy (>4000 fps) 2) Image processing and image analysis: classical approaches and machine learning based 3) 3D laser based high-speed visualization 4) Development of clinical diagnostic approaches for quantitative judgement of disorders 5) Numerical modelling of laryngeal dynamics by lumped-mass and 3D-FVM models 6) Numerical simulation of laryngeal airflow and interaction with the vocal folds 7) Numerical simulation of generated acoustics 8) Experimental model of laryngeal processes using synthetic and ex-vivo cadaver models 9) Parameter optimization of numerical models towards real laryngeal dynamics 10) How to analyse generated data
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden verstehen das systematische Vorgehen beim Erstellen und Verarbeiten von medizinischen Daten im Bereich der Grundlagen- und klinischen Forschung.</p> <p>The systematic process chain including generation, simulations, analysis and interpretation of multi-modal based data (clinical/ experimental/numerical) within basic and clinical research will be communicated.</p>
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	-
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!
9	Verwendbarkeit des Moduls	Medical Data Science Bachelor of Science Data Science 20221

10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich Mündliche Prüfung, 100% Oral, 100%
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 45 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch Deutsch oder Englisch
16	Literaturhinweise	

1	Modulbezeichnung 47582	Systems Immunology and Infectiology Systems immunology and infectiology	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Systems Immunology and Infectiology (4 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Frederik Graw	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Frederik Graw	
5	Inhalt	The lecture will cover selected topics in systems immunology and infectiology, which aim at revealing the complex dynamical processes during infection, inflammation and cancer. We will learn different concepts of using mathematical models and computational methods to address fundamental questions of immune and infection dynamics. This includes among others the spread of pathogens within hosts, the dynamics of immune responses and the evolution of drug resistance. In the various lectures, we will investigate how different data analytical methods and concepts (e.g., from mathematical modelling, bioinformatics and ML) play a pivotal role in understanding infection and immunity. The lectures are accompanied by tutorials with practical exercises, including small programming exercises in R.	
6	Lernziele und Kompetenzen	The participants will learn <ul style="list-style-type: none"> • to analyse immunological and virological data • to apply basic methods for analysing dynamic processes • to use basic concepts of mathematical modelling to study complex systems and dynamics 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	The following prerequisites are strongly recommended <ul style="list-style-type: none"> • Basic knowledge of mathematics and dynamical systems (ordinary differential equations, statistics) • Basic knowledge of the programming language R • Interest in data analytical methods 	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Medical Data Science Bachelor of Science Data Science 20221 This course is appropriate for students within their last year of BSc in quantitative disciplines or MSc students interested in immunological data sciences (e.g. BSc/MSc Artificial Intelligence; BSc/MSc Data Science; MSc Medical Engineering; MSc Molecular Medicine; MSc Integrated Life Sciences; MSc Integrated Immunology).	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel Until WS 24/25 (inclusive): oral examination at end of semester. From SS 25: written examination (60 min.). Additionally, weekly exercise sheets (1 DINA 4 page with 2-3 exercises per week).	

11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Keeling MJ & Rohani P: Modeling Infectious Diseases in Humans and Animals, Princeton Univ. Press 2009 • Nowak MA & May RM: Virus dynamics, Oxford Univ. Press 2000 • Murray JD: Mathematical Biology II – Spatial models and Biomedical applications, Springer 2004

1	Modulbezeichnung 47581	Seminar Quantifying lymphocyte dynamics Seminar: Quantifying lymphocyte dynamics	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Seminar: Quantifying lymphocyte dynamics (2 SWS) Attendance is mandatory.	-
3	Lehrende	Prof. Dr. Frederik Graw	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Frederik Graw	
5	Inhalt	Quantifying and understanding the dynamics of immune cells, i.e., lymphocytes, during health and disease is an important prerequisite for the design of appropriate treatment regimens and vaccination approaches. In this seminar, we will discuss the combination of different types of experimental data with various mathematical, computational and data analytical methods to quantify the generation, proliferation and differentiation dynamics of immune cells. We will see how the advancement of experimental methods, such as cellular barcoding or scRNA-seq, requires more sophisticated data analytical methods, including concepts from machine learning, and how this has advanced our understanding of lymphocyte dynamics.	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>The participants will present various concepts based on scientific papers, discussing the experimental approaches in combination with the mathematical methods. Participants will</p> <ul style="list-style-type: none"> • learn to combine experimental data and data analytical methods to infer immunological processes • learn to carefully interpret various data types • learn the promises and limitations of different immunological data 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	This interdisciplinary seminar is intended for students with a background in the life sciences and interest for data analytical methods and/or for students from quantitative subjects (AI, Data Science, Mathematics, (Bio-)Physics). Basic knowledge of mathematics (ordinary differential equations, statistics) and interest in interdisciplinary work is strongly recommended.	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 3	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Medical Data Science Bachelor of Science Data Science 20221 This course is appropriate for students within their last year of BSc in quantitative disciplines or MSc students interested in immunological data science (e.g. BSc/MSc Artificial Intelligence; BSc/MSc Data Science; MSc Medical Engineering; MSc Molecular Medicine; MSc Integrated Life Sciences; MSc Integrated Immunology).	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Seminarleistung</p> <p>Successful participation of the course will be based on</p> <ul style="list-style-type: none"> • Individual presentation (30 minutes) 	

		<ul style="list-style-type: none"> • Written assignment (10-15 pages) • Participation in the seminars and discussions
11	Berechnung der Modulnote	Seminarleistung (100%)
12	Turnus des Angebots	in jedem Semester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<p>Exemplary articles:</p> <ul style="list-style-type: none"> • De Boer et al.: Quantifying T lymphocyte turnover, J. Theo Biol. 2013 • Gossel et al.: Memory CD4 T cell subsets are kinetically heterogeneous and replenished from naive T cells at high levels, Elife 2017 • Gerlach et al.: Heterogeneous Differentiation Patterns of Individual CD8+ T Cells, Science 2013 • Pei et al.: Using Cre-recombinase-driven Polylox barcoding for in vivo fate mapping in mice. Nat. Protocols 2019 • Saelens et al.: A comparison of single-cell trajectory inference methods, Nat Biotechn. 2019

Physik

1	Modulbezeichnung 66061	Experimentalphysik 1 + 2: Mechanik, Wärmelehre und Elektrodynamik Experimental physics 1 + 2: Mechanics, thermodynamics and electrodynamics	15 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Experimentalphysik 2 für Physikstudierende: Wärmelehre und Elektrodynamik (5 SWS, SoSe 2025) Übung: Übungen zur Experimentalphysik 2 für Physikstudierende: Wärme und Elektrodynamik (2 SWS, SoSe 2025)	7,5 ECTS -
3	Lehrende	Prof. Dr. Stefan Funk	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Peter Hommelhoff Prof. Dr. Janina Maultzsch Prof. Dr. Christopher van Eldik Prof. Dr. Joachim Zanthier
5	Inhalt	<p>Mechanik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einführendes: Gebiete der Physik, Längen- und Geschwindigkeitsskalen, Abgrenzung klassische/ Quanten-/ relativistische Physik; Physikalische Größen; Messungen und Messfehler • Mechanik eines Massenpunktes: Bewegung auf Raumkurven, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Drehbewegungen, Längen- und Zeitmessung; Masse, Impuls, Impulserhaltung; Newtonsche Gesetze; Kraftfelder, Arbeit, Potential, Energie, Energiesatz, Leistung; Bewegungsgleichungen; Drehimpuls, Drehmoment • Bewegte Bezugssysteme und spezielle Relativitätstheorie: Klassisch: Inertialsysteme und Galilei-Transformation; Beschleunigte Bezugssysteme, Scheinkräfte (insb. Zentrifugal, Coriolis); Spezielle Relativitätstheorie: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und ihre Konsequenzen; Lorentz-Transformation; relativistische Phänomene (insbesondere Zeitdilatation, Längenkontraktion, Zwillingsparadoxon); Vierervektoren, Lorentz-Skalarprodukt, relativistische Energie-Impuls-Beziehung • Systeme von Massenpunkten und Stöße: Schwerpunkt, Schwerpunktbewegung, Erhaltungssätze; Stöße: Elastische/ inelastische Stöße, Streuprozesse, relativistische Stöße; Gravitation und Planetenbewegungen, Keplersche Gesetze • Dynamik starrer Körper: Darstellung von Volumen und Masse als Volumenintegrale; Rotationsenergie, Drehimpuls, Trägheitsmoment; Bewegung des starren Körpers (Kinematik, Gleichgewichtslage, Abrollen); Bewegungsgleichungen (Rotation um feste Achse, freier Kreisel: Nutation, Präzession, Stabilität von Drehachsen) • Deformierbare feste und flüssige Materialien: Reibung zwischen festen Körpern; Elastische Deformationen (Hooke, Kontraktion, Scherung, Torsion, Biegung); Hydrostatik

(Statischer Druck, Auftrieb); Flüssigkeitsgrenzflächen (Oberflächenspannung, Kapillarität); Strömungen (Reibungsfrei: Bernoulli; mit Reibung: Laminar (Hagen-Poiseuille), turbulent (Navier-Stokes); Aerodynamik, cw-Wert, aerodynamische Phänomene)

- Gase: Kompressibilität, barometrische Höhenformel; kinetische Gastheorie (Druck, Verbindung zu absoluter Temperatur, Stoßquerschnitt, freie Weglänge); Maxwell-Verteilung
- Schwingungen und Wellen: Schwingungen: Freier Oszillator, erzwungene Schwingungen, Resonanz, gekoppelte Schwingungen, Überlagerung von Schwingungen; Wellen: Beschreibung, Wellengleichung, Wellenphänomene (Reflexion, Brechung, Beugung, Überlagerung), stehende Wellen, bewegte Sender und Empfänger

Wärmelehre

- Temperatur und Wärmemenge: Wärmephänomene, Temperaturmessung; absolute Temperaturskala; innere Energie und spezifische Wärme; Schmelz- und Verdampfungswärme
- Wärmetransport: Konvektion, Wärmeleitung, Strahlung
- Hauptsätze der Thermodynamik: Zustandsgrößen; Zustandsänderungen und der erste Hauptsatz; Kreisprozesse, zweiter Hauptsatz; Entropie, reversible und irreversible Prozesse, dritter Hauptsatz
- Thermodynamik realer Flüssigkeiten und Gase: Van-der-Waals-Zustandsgleichung; Aggregatzustände und -umwandlungen, Phasendiagramme, kritischer und Tripelpunkt

Elektrodynamik:

- Elektrostatik: Elektrische Ladung; Coulomb-Gesetz; elektrostatisches Feld (Feldstärke, Fluss, 1. Maxwell, Potenzial, Spannung, Multipolentwicklung); Materie in elektrischen Feldern: Leiter, Influenz und Flächenladungen, Kondensatoren, Dielektrika; Energie des E-Feldes
- Elektrischer Strom: Ladungstransport und elektrischer Widerstand (Strom, Stromdichte, Ohm, Kirchhoffsche Regeln, Auf-/Entladen von Kondensatoren); Leitungsmechanismen, T-Abhängigkeit von Widerständen (Metalle, Halbleiter, dotierte Halbleiter, Diode, Transistor, Isolatoren, Phänomen der Supraleitung); Stromerzeugung und Strommessung (Galvanisches Element, Spannungsreihe, Brennstoffzelle, Akku, Thermoelement, Peltier-Effekt, Innenwiderstand)
- Statische Magnetfelder: Magnetische Wirkungen; Magnetfelder stationärer Ströme (gerader Leiter, Spule); Ampèresches Gesetz; magnetischer Fluss, 2. Maxwell; Vektorpotenzial; Magnetfelder beliebiger Stromverteilungen, Biot-Savart, Ringstrom, Helmholtz-Spulen; Kräfte auf bewegte Ladungen im Magnetfeld (Lorentz-Kraft, Fadenstrahlrohr, e/m,

		<p>Hall-Effekt, Definition des Ampère); Relativität von E- und B-Feldern</p> <ul style="list-style-type: none"> • Materie in Magnetfeldern: Magnetische Dipole (auch atomar); Magnetisierung und magnetische Suszeptibilität, Para-, Dia- und Ferromagnetismus (Hysterese, Curie-Temperatur), Antiferro- und Ferrimagnete; Feldgleichungen in Materie, Felder an Grenzflächen, Elektromagnet • Zeitlich veränderliche Felder: Faradaysches Induktionsgesetz; 3. Maxwell; Induktionsphänomene, Selbstinduktion; Energie des magnetischen Feldes; Verschiebungsstrom, 4. Maxwell; Wechselspannung und Wechselstrom (Wechselstromkreise, Generator, Elektromotor, Transformator) • Elektromagnetische Schwingungen und Wellen: Schwingkreise; Hertzscher Dipol (offene Schwingkreise, Dipol-Strahlungsfeld, elektromagnetische Strahlungsquellen); Elektromagnetische Wellen im Vakuum (Wellengleichung, elektromagnetisches Frequenzspektrum); Polarisation; Energie- und Impulstransport, Poynting-Vektor; elektromagnetische Wellen in Resonatoren und Hohlleitern; elektromagnetische Wellen in Materie
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • erläutern und erklären die experimentellen Grundlagen und die quantitativ-mathematische Beschreibung mechanischer Vorgänge, der Wärmelehre und elektromagnetischen Phänomene gemäß den detaillierten Themen im Inhaltsverzeichnis • wenden die physikalischen Gesetze und jeweiligen mathematischen Methoden auf konkrete Problemstellungen an
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!
9	Verwendbarkeit des Moduls	Physik Bachelor of Science Data Science 20221
10	Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Klausur (120 Minuten)</p> <p>Die Note für das Modul wird grundsätzlich durch die Klausur am Ende des zweisemestrigen Zyklus bestimmt. In beiden Semestern werden wöchentlich freiwillig zu lösende Übungsaufgaben angeboten. Die Abgabe der Lösungen innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums kann in Gruppen von maximal 3 Studierenden erfolgen. Eine Abgabe handschriftlicher Lösungen online in digitaler Form ist grundsätzlich möglich, gedruckte Lösungen sind in jedem Fall unzulässig. Wird mindestens die Hälfte der in der Summe eines Semesters maximal zu erreichenden Punktzahl aus den abgegebenen Lösungen zu den Übungsaufgaben erreicht, wird ein Bonus von 0.3 bzw. 0.4 pro Semester auf die erzielte Klausurnote gewährt. Maximal kann daraus</p>

		ein Bonus von 0.6 bzw. 0.7 Notenpunkten für die Gesamtnote des Moduls erzielt werden.
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 180 h Eigenstudium: 270 h
14	Dauer des Moduls	2 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	

1	Modulbezeichnung 66082	Astronomie Astronomy	10 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Praktikum: Astronomisches Praktikum (Bachelor Physik) (8 SWS, SoSe 2025) Vorlesung: Einführung in die Astronomie 2 (2 SWS, SoSe 2025) Übung: Übung zur Einführung in die Astronomie 2 (1 SWS, SoSe 2025) Praktikum: Astronomisches Praktikum (LAG) (8 SWS, SoSe 2025) Praktikum: Astronomisches Praktikum (Nicht-Physiker) (8 SWS, SoSe 2025)	- - - - -
3	Lehrende	Prof. Dr. Manami Sasaki Prof. Dr. Jörn Wilms	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Ulrich Heber Prof. Dr. Manami Sasaki Prof. Dr. Jörn Wilms
5	Inhalt	Das Modul gibt eine Beschreibung der wesentlichen Bestandteile des Universums und der naturwissenschaftlichen Methoden, die es uns erlauben, ihre Entfernungen, Größenskalen, Massen und physikalische Natur zu verstehen. Im Einzelnen werden behandelt: <ul style="list-style-type: none"> • Geschichtlicher Hintergrund der Astronomie • Sonnensystem: Planetenbewegung und Keplersche Gesetze, Eigenschaften der Planeten und der kleinen Objekte im Sonnensystem (Auswahl aus: innerer Aufbau der Planeten, planetare Oberflächen, Atmosphären, Ringe), extrasolare Planeten. • Sterne: Entfernungen, Temperaturen, Spektren, Massen, Hertzsprung-Russell-Diagramm, innerer Aufbau, Entstehung und Entwicklung, Endstadien der Sternentwicklung, Doppelsterne. • Milchstraße und andere Galaxien: Aufbau und Entwicklung, Klassifikation, kosmischer Materiekreislauf, Galaxienhaufen, ausgewählte Methoden der Entfernungsbestimmung. • Das Universum: Entstehung, Hubblesches Gesetz, 3K Hintergrundstrahlung, Entwicklung des Universums. • Astronomische Messmethoden: Aufbau und Benutzung astronomischer Teleskope, Spektroskopie, Detektoren
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • berichten über die wichtigsten Bestandteile des Universums und ihrer Entwicklung. • erläutern Methoden zur Messung der Entfernungen von Sternen und Galaxien und wenden diese auf Messungen an. • bestimmen aus Messdaten Massen und Temperaturen astronomischer Objekte.

		<ul style="list-style-type: none"> • führen einfache astronomische Messungen selbst durch und werten die Ergebnisse aus. • beschreiben die in der Astronomie notwendige Extrapolation von Ergebnissen von Labormessungen auf astronomische Skalen. • bedienen typische astronomische Instrumente.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!
9	Verwendbarkeit des Moduls	Physik Bachelor of Science Data Science 20221
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur Leistungsschein
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%) Leistungsschein (bestanden/nicht bestanden) Im Wintersemester wird eine 90 minütige Klausur als freiwillige Zwischenprüfung angeboten. Klausurnoten 3.0-2.3 ergeben einen Bonus von 0.3 oder 0.4, Klausurnoten 2.0-1.0 ergeben einen Bonus von 0.7 für die Gesamtnote des Moduls.
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 165 h Eigenstudium: 135 h
14	Dauer des Moduls	2 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • H. Karttunen, P. Kroger, H. Oja, [Fundamental Astronomy], Springer, 2003 • M. Kutner, [Astronomy: A Physical Perspective], Cambridge Univ. Press, 2003

1	Modulbezeichnung 67156	Quantum Computing Quantum computing	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Hauptseminar: Quantum Computing (2 SWS) Übung: Quantum Computing - Übung	5 ECTS -
3	Lehrende	Prof. Dr. Michael Hartmann	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Michael Hartmann	
5	Inhalt	<p>*Contents:*</p> <p>The course provides an introduction to quantum computing. The development of quantum hardware has progressed substantially in recent years and has now reached a level of maturity where first industrial applications are being explored. This course will introduce the fundamental ingredients of quantum algorithms, quantum bits and quantum gates, the most important hardware implementations and in particular algorithms that can run on near term hardware implementations of so called Noisy Intermediate Scale Quantum (NISQ) devices. The course will be completed with introductions to the basic concepts of error correction, which is needed in the next stage of development to fully exploit the potential of this emerging computing technology. Prerequisites: the main concepts of quantum theory, including quantum states, the Schrödinger equation, unitary evolution and measurements.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>*Learning goals and competences:*</p> <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • understand the origin of the computation potential of quantum computers • understand key quantum algorithms, such as Deutsch algorithm, quantum phase estimation and Shor's algorithm • understand the working principle of quantum error correction and key error correcting codes • code quantum algorithms in a modern quantum programming language • are able to apply the learned methodology to example problems 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Physik Bachelor of Science Data Science 20221	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (90 Minuten)	
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)	
12	Turnus des Angebots	Unregelmäßig	

13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	The course will present all the relevant material. Useful additional reading contains "Quantum Computation and Quantum Information by Nielsen and Chuang (Cambridge Univ. Press), "Quantum Computing: A Gentle Introduction by Rieffel and Polak (MIT Press) as well as lecture notes by John Preskill available at http://theory.caltech.edu/~preskill/ph229/ and Ronald de Wolf available at https://homepages.cwi.nl/~rdewolf/qc19.html .

Wirtschaftsinformatik

1	Modulbezeichnung 83467	Business Process Management	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: BPM (2 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Martin Matzner	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Martin Matzner Dr. Sven Weinzierl	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung in Business Process Management • Der BPM-Lebenszyklus • Prozessidentifikation: Kontext, Prozessarchitekturen, Auswahl / Priorisierung von Prozessen zur Optimierung • Einführung in Prozessmodellierung mit BPMN • Fortgeschrittene Prozessmodellierung: Wiederholungen, Nachbesserungen, Ereignisse, Ausnahmen, Regeln, Best Practices • Prozessentdeckung: Methoden, Modellierung, Qualitätskontrolle • Qualitative Prozessanalyse • Quantitative Prozessanalyse • Prozess-Redesign: Hintergründe, Transaktionale Methoden, Transformative Methoden • Prozessgewahre Informationssysteme: Arten, Vorteile, Herausforderungen • Prozessimplementierung mit ausführbaren Modellen • Prozessüberwachung: Kontext und Ansätze, Techniken aus dem Process Mining, Performancemessung, • Techniken für Geschäftsprozessmanagement in wissensintensiven Prozessen • Business Process Management als Unternehmensfähigkeit 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • erwerben fundierte Kenntnisse über Grundfragen, Begrifflichkeit und praktische Relevanz des Geschäftsprozessmanagements, • können zentrale Konzepte in der Prozessmodellierung und -automatisierung verstehen und erklären, • können verschiedene Arten von Modellierungsnotationen (imperativ, deklarativ) unterscheiden und erklären, • können verschiedene Stufen im BPM-Lebenszyklus und deren Anforderungen an Stakeholder verstehen und erklären, • sind in der Lage, Geschäftsprozesse in BPMN zu verstehen und zu modellieren, • sind in der Lage, Geschäftsprozesse zu analysieren und optimieren, • sind in der Lage, aus den umfangreichen Techniken, Notationen und Konzepten aus dem Business Process Management für den jeweiligen Einsatzbereich anwendbare zu wählen und einzusetzen. 	

7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine.
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wirtschaftsinformatik Bachelor of Science Data Science 20221
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (60 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch Englisch
16	Literaturhinweise	Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H. A. (2021). <i>Grundlagen des geschäftsprozessmanagements: Übersetzt von Thomas Grisold, Steven Groß, Jan Mendling, Bastian Wurm</i> . Springer Berlin Heidelberg.

1	Modulbezeichnung 83466	Implementing innovation	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Digital Innovation: Platforms and Systems for Innovation (2 SWS) Vorlesung: Innovation Design (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lehrende	Nina Lugmair Prof. Dr. Kathrin Möslein Matthäus Wilga Joni Riihimäki Dr. Karl Rabes	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Kathrin Möslein	
5	Inhalt	Der Veranstaltungszyklus vermittelt zentrale Inhalte der Unterstützung und Gestaltung innovationsorientierter Unternehmens- und Wertschöpfungsstrategien im internationalen Kontext.	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> erwerben fundierte Kenntnisse über die Analyse, Unterstützung und Gestaltung innovationsorientierter Unternehmens- und Wertschöpfungsstrategien. kennen die Stärken und Schwächen alternativer Gestaltungskonzeptionen. erwerben praktische Einblicke in die Durchführung und methodische Unterstützung von Innovationsprojekten. eignen sich durch gezielte Gruppenarbeiten und die interaktive Veranstaltungsform soziale Kompetenzen an, erarbeiten sich Reflexionsvermögen und können Kommilitonen wertschätzendes Feedback geben. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Erfolgreiches Absolvieren der Assessmentphase	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wirtschaftsinformatik Bachelor of Science Data Science 20221	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Präsentation Hausarbeit Written assignment approx. 7 pages Presentation approx. 30 minutes	
11	Berechnung der Modulnote	Präsentation (50%) Hausarbeit (50%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	

Artificial intelligence in biomedical engineering (AIBE)

1	Modulbezeichnung 23070	Biomedizinische Signalanalyse Biomedical signal analysis	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Björn Eskofier Daniel Krauß	
5	Inhalt	<p>Inhalt Im Rahmen der Vorlesung werden (a) die Grundlagen der Generation von wichtigen Biosignalen im menschlichen Körper, (b) die Messung von Biosignalen und (c) Methoden zur Analyse von Biosignalen erläutert und dargestellt. Behandelte Biosignale sind unter anderem Aktionspotential (AP), Elektrokardiogramm (EKG), Elektromyogramm (EMG), Elektroenzephalogramm (EEG), oder Mechanomyogramm (MMG). Bei der Messung liegt der Fokus beispielsweise auf der Messtechnik oder der korrekten Sensor- bzw. Elektrodenanbringung. Im größten Teil der Vorlesung, Analyse von Biosignalen, werden Konzepte zur Filterung für die Artefaktreduktion, der Wavelet Analyse, der Ereigniserkennung und der Wellenformanalyse behandelt. Zum Schluss wird einen Einblick in überwachte Verfahren der Mustererkennung gegeben. Für weitere Informationen, besuchen Sie bitte unseren zugehörigen StudOn Kurs.</p> <p>Content The lecture content explains and outlines (a) basics for the generation of important biosignals of the human body, (b) measurement of biosignals, and (c) methods for biosignals analysis. Considered biosignals are among others action potential (AP), electrocardiogram (ECG), electromyogram (EMG), electroencephalogram (EEG), or mechanomyogram (MMG). The focus during the measurement part is for example the measurement technology or the correct sensor and electrode placement. The main part of the lecture is the analysis part. In this part, concepts like filtering for artifact reduction, wavelet analysis, event detection or waveform analysis are covered. In the end, an insight into pattern recognition methods is obtained. For more information, please visit our associated StudOn course</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden können nach erfolgreichem Abschluss des Kurses</p> <p>Fachkompetenz</p> <p>Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> die Entstehung, Messung und Charakteristika der wichtigsten Biosignale des menschlichen Körpers wiedergeben <p>Verstehen</p>	

- die wesentlichen Ursachen von Artefakten in Biosignalen erklären
- Zusammenhänge zwischen der Entstehung der Biosignale des menschlichen Körper und dem gemessenen Signal erklären
- Messmethoden der wichtigsten Biosignale erklären
- Filteroperationen zur Eliminierung von Artefakten erläutern
- bekannte Algorithmen der Verarbeitung bestimmter Biosignal erklären (z.B. Pan Tompkins für EKG)
- typische Komponenten und ihre Bedeutung in einer generischen Signalanalyse Kette erläutern
- die Struktur und Funktionsweise von Systemen zur maschinellen Klassifikation einfacher Muster darstellen

Anwenden

- Signalcharakteristiken im Zeit- und Frequenzbereich bestimmen
- Algorithmen der Biosignalverarbeitung anwenden und in Python implementieren
- Filteroperationen zur Eliminierung von Artefakten anwenden und in Python implementieren
- Methoden selbstständig auf interdisziplinäre Fragestellungen der Medizin und der Ingenieurwissenschaften anwenden
- das Ergebnis von typischen Filteroperationen abschätzen

Analysieren

- Filtercharakteristika von Schaltkreisen ableiten
- Algorithmen der Biosignalverarbeitung vergleichen
- Klassifikationsprobleme in Python lösen
- Typische Artefakte in Biosignalen erkennen und Lösungsstrategien vorschlagen

Evaluieren (Beurteilen)

- Biosignale mit medizinischen Normalwerten vergleichen und im medizinischen Kontext evaluieren
- Klassifikationsergebnisse beurteilen
- die Bedeutung der Biosignalverarbeitung für die Medizintechnik diskutieren
- Probleme in Gruppen kooperativ und verantwortlich lösen und in der Übungsgruppe bzw. im Forum diskutieren

After completion of the course, students are able to

Knowledge

- reproduce the generation, measurement, and characteristics of important biosignals of the human body

Understanding

- explain the causes of artifacts in biosignals
- explain relations between the generation of biosignals and the measured signal
- explain methods for the measurement of important biosignals
- explain filter operations for the reduction of artifacts

		<ul style="list-style-type: none"> • explain algorithms for the analysis of important biosignals (e.g. Pan Tompkins for EKG) • explain typical components and their importance in the signal analysis chain • explain the structure and functioning of systems for machine learning and pattern recognition <p>Application</p> <ul style="list-style-type: none"> • determine signal characteristics in the time and frequency domain • apply and implement algorithms for signal analysis in Python • implement filter operations for the reduction of artifacts in Python • estimate the result of filter operations • apply methods to interdisciplinary problems in medicine and medical engineering <p>Analyze</p> <ul style="list-style-type: none"> • derive filter characteristics from electric circuits • compare signal analysis algorithms • solve classification problems in Python • recognize typical artifacts in biosignals and propose solutions for their reduction <p>Evaluation</p> <ul style="list-style-type: none"> • compare biosignals with medical norm values and evaluate them in a medical context • evaluate classification results • discuss the importance of biomedical signal analysis for medical engineering • solve and discuss problems in groups cooperatively in the group exercises and the online forum
7	<p>Voraussetzungen für die Teilnahme</p>	<p>Prerequisites</p> <p>The Biosig lectures and exercises do not have formal requirements. However, we expect you to have some knowledge about the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Basics of Physiology and Anatomy (High-school level) • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Basic elements of electronic circuits (resistor, capacitor, inductor) and related equations • Basic math: Integration, Differentiation, Limits • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Fourier Transform (qualitative understanding) ◦ Basic filter types ◦ z-plane (qualitative understanding) <p>Furthermore, some knowledge in the following topics will be beneficial to easily understand the content of the lecture:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Advanced filter concepts • z-plane math / z-transform / pole-zero plots

		<ul style="list-style-type: none"> • Frequency domain math / detailed understanding of Fourier transform and its properties • Laplace transform • Basics of Python (for the exercises) <p>If you want to refresh your knowledge on all the aforementioned topics, we recommend the following lectures and online resources: Note that some of them go beyond the requirements of this lecture for many topics!</p> <ul style="list-style-type: none"> • Signals and Systems I • Grundlagen der Anatomie und Physiologie für Medizintechniker • Video Series: Introduction to discrete Control (and further videos from this channel, as general introduction to filter and z-plane math) • A visual introduction to Fourier Transform • Udacity Python Course Course materials from the Stanford "Introduction to Scientific Python"
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!
9	Verwendbarkeit des Moduls	Artificial intelligence in biomedical engineering (AIBE) Bachelor of Science Data Science 20221
10	Studien- und Prüfungsleistungen	elektronische Prüfung Electronic Exam (in presence), 90min.
11	Berechnung der Modulnote	elektronische Prüfung (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • R.M. Rangayyan, Biomedical Signal Analysis: A case-study approach. 1st ed., 2002, New York, NY: John Wiley & Sons. • E.N. Bruce, Biomedical Signal Processing and Signal Modeling. 1st ed., 2001, New York, NY: John Wiley & Sons.

1	Modulbezeichnung 44200	Computational Neurotechnology / Numerische Neurotechnologie Computational neurotechnology / Numerical neurotechnology	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Computational Neurotechnology	-
3	Lehrende	Prof. Dr. Tobias Reichenbach	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Tobias Reichenbach	
5	Inhalt	Foundations of Computational Neuroscience and the processing of neural signals. Applications in the areas of artificial neural networks, Brain-Machine-Interfaces (BCIs) and neural prosthesis.	
6	Lernziele und Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> • Can understand the principles of the analysis of neural signals • Can apply information theory for the description of neural activity • Can perform simulations of the dynamics of single neurons as well as of neural networks • Can evaluate different approaches to construct Brain-Machine-Interfaces (BCIs) • Can explain concepts for the design of neural prosthesis 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Artificial intelligence in biomedical engineering (AIBE) Bachelor of Science Data Science 20221	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur Written exam (60 minutes)	
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise	<p>Dayan, Peter, and Laurence F. Abbott. Theoretical neuroscience: computational and mathematical modeling of neural systems. Computational Neuroscience Series, 2001.</p> <p>Gerstner, Wulfram, et al. Neuronal dynamics: From single neurons to networks and models of cognition. Cambridge University Press, 2014.</p> <p>Oweiss, Karim G., ed. Statistical signal processing for neuroscience and neurotechnology. Academic Press, 2010.</p>	

Maurits, Natasha. From neurology to methodology and back: an introduction to clinical neuroengineering. Springer Science & Business Media, 2011.

Clément, Claude. Brain-Computer Interface Technologies. Springer International Publishing, 2019.

DiLorenzo, Daniel J., and Joseph D. Bronzino, eds. Neuroengineering. CRC Press, 2007.

1	Modulbezeichnung 47666	Bewegungsanalyse und biomechanische Grenzgebiete Motion analysis and biomechanical boundary areas	2,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Bewegungsanalyse und biomechanische Grenzgebiete (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lehrende	Alexander Weiß	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Anne Koelewijn	
5	Inhalt	Anatomie des menschlichen Bewegungsapparates Muskeln, Sehnen, Bänder, Knochen, Knorpel Gelenkmechanik Kinematik Bewegungsanalyse und Motion-Capturing-Systeme Kinetik Kraft- & Druckmessplatten, Bodenreaktionskräfte Elektromyographie 3D-Modellierung in der Biomechanik Segmentierung, 3D-Modelle Simulation FEM, MKS	
6	Lernziele und Kompetenzen	Nach dem erfolgreichen Absolvieren des Moduls verfügen die Studierenden über die folgenden fachlichen, methodischen und persönlichen Kompetenzen: Die Studierenden verstehen die in der Biomechanik verwendete Technik und angewandte Methoden. Die Studierenden bestimmen die anatomischen Strukturen, die den aktiven bzw. passiven Bewegungsapparat aufbauen und somit Kraftentwicklung und Bewegungen ermöglichen. Die Studierenden sind in der Lage die in der technischen Mechanik erlernten Größen wie Kräfte und Momente auf anatomische Strukturen anzuwenden. Die Studierenden können die Funktion der im Rahmen der Kinematik verwendeten Systeme zum Motion-Capturing beschreiben und gegenüberstellen. Sie sind in der Lage, die in der Kinetik verwendeten Messsysteme wie Kraft- und Druckmessplatten in Aufbau und Funktion zu unterscheiden. Sie können die gemessenen Bodenreaktionskräfte und Kraft-Zeit-Verläufe interpretieren und in Zusammenhang mit Bewegungen und Kraftübertragung setzen. Die Studierenden sind in der Lage ein Vorgehen zur Messung von Muskelaktivitäten bei einer spezifischen Bewegung durch Elektromyographie zu entwerfen. Sie beschreiben die Funktion von EMG-Sensoren, unterschiedliche Filtertechniken, Arten der Ableitung wie auch Einflussfaktoren und erläutern diese. Die Studierenden beschreiben die Vorzüge der 3D-Modellierung im biomechanischen und orthopädischen Umfeld und können die unterschiedlichen Arten der Segmentierung gegenüberstellen.	

		Die Studierenden sind in der Lage, Simulation im Maschinenbau und in der Biomechanik gegenüberzustellen und die Unterschiede zu konkretisieren. Sie beschreiben den grundsätzlichen Aufbau von Finiter-Elemente-Analyse (FEM) und Mehrkörpersimulation (MKS) und begründen die Funktion in biomechanischem Kontext.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!
9	Verwendbarkeit des Moduls	Artificial intelligence in biomedical engineering (AIBE) Bachelor of Science Data Science 20221
10	Studien- und Prüfungsleistungen	elektronische Prüfung 1 Stunde - Digitale Prüfung vor Ort
11	Berechnung der Modulnote	elektronische Prüfung (100%)
12	Turnus des Angebots	in jedem Semester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 0 h Eigenstudium: 75 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	Relevante Literatur ist im online-Kurs zu den jeweiligen Kapiteln angegeben.

1	Modulbezeichnung 47673	Network medicine	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. David Blumenthal	
5	Inhalt	Network medicine is an emerging research field which leverages techniques from molecular biology, bioinformatics, combinatorial optimization, and artificial intelligence to uncover potential disease mechanisms and candidates for causally effective treatments in heterogeneous molecular networks. In this seminar, students will dive into selected hot topics in network medicine.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Students will <ul style="list-style-type: none"> • be able to explain hot topics in the field of network medicine, • be able to identify, understand, and contextualize relevant research literature, • be able to give a presentation for a scientific audience, • be able to write an academic report. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Some prior knowledge in graph theory and/or network science is recommended.	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Artificial intelligence in biomedical engineering (AIBE) Bachelor of Science Data Science 20221	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Seminarleistung Written mini-survey (4 pages double column) + oral presentation of mini-survey (20 min + 10 min Q & A) + lead of discussion following oral presentation of another seminar participant (10 min).	
11	Berechnung der Modulnote	Seminarleistung (100%) Written mini-survey (40%), oral presentation of mini-survey (40%), lead of discussion following oral presentation of another seminar participant (20%).	
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise	All relevant literature will be made available in StudOn. For background reading, students can consult the following textbook:	

- | | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none">• Loscalzo, Joseph, Albert-László Barabási, and Edwin K. Silverman (eds.): Network Medicine: Complex Systems in Human Disease and Therapeutics. Harvard University Press, 2017. |
|--|---|

1	Modulbezeichnung 93101	AI in medical robotics	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Franziska Mathis-Ullrich	
5	Inhalt	<p>This module is concerned with artificial intelligence technologies in medical robotics and with methods that establish different forms of intelligence in medical robotic systems. Participants will become familiar with the design and application of AI methods and algorithms for perception, motor control, planning, cognition and learning and with their application in biorobotic systems and robotic solutions for diagnosis and treatment. Application domains include minimally invasive surgery, motor rehabilitation, exoskeletons and assistive devices, as well as medical service robotics. The taught methods will be applied to application data during designated computer exercises that are integrated into the course.</p> <p>Topics include, but are not limited to:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Basic principles and classification of artificial intelligence • Overview of AI methods and technologies in medical imaging • Implications of surgical workflow planning using AI methods • Motion planning in robotic surgery, rehabilitation robots and medical service robots • Perception in robotic surgery, rehabilitation robots and assistive robots • Motion planning in robotic surgery, rehabilitation robots and assistive robots • Adaptation and Learning in Human-Robot Interaction • Design criteria and regulations for AI-based medical systems 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> • Students are able to employ artificial intelligence technologies and methods for applications in medical robotics. • They are capable of understanding and handling the complexity of biorobotic AI systems and have command of a versatile set of methods for analyzing and further advancing such systems. • They are able to combine different tools and methods to achieve intelligent perception, planning, control, learning and cognition in robotic solutions for minimally invasive surgery, motor rehabilitation robotics, and medical service robotics. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Participants should be familiar with fundamentals of linear algebra. It is advantageous but not required to have some prior knowledge on robotics, basic methodologies of AI, and basic probability theory.	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!	

9	Verwendbarkeit des Moduls	Artificial intelligence in biomedical engineering (AIBE) Bachelor of Science Data Science 20221
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur Written examination (60 min)
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%) Written examination (100 %)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	

1	Modulbezeichnung 95811	Medizintechnik II (Bildgebende Verfahren) Medical engineering II (imaging techniques)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Medizintechnik II Rechnerübung (2 SWS) Vorlesung: Medizintechnik II (4 SWS) Übung: Medizintechnik II Tafelübung (2 SWS) No. The module is offered in a hybrid format. About 26 students can attend the lecture in the course room, the rest of the participants can attend online (more information in StudOn).	- 3,75 ECTS 1,25 ECTS
3	Lehrende	Annika Hofmann Prof. Dr. Bernhard Kainz Prof. Dr. Florian Knoll Mischa Dombrowski Erik Gösche	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Bernhard Kainz Prof. Dr. Florian Knoll
5	Inhalt	The MT II module is aimed at students of the medical engineering degree programme and is one of the basic lectures there in the field of informatics. Methods and devices that process and display the anatomy and function of the body for diagnosis and therapy are explained. Emphasis is placed on understanding and applying basic algorithms of medical image processing, such as segmentation, filtering and image reconstruction. Modalities presented include X-ray systems, computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), optical coherence tomography (OCT) and ultrasound (US).
6	Lernziele und Kompetenzen	The students will <ul style="list-style-type: none"> • recognise and reproduce essential methods and modalities of medical imaging • understand and explain basic physical principles of medical imaging • independently apply acquired knowledge of methods to interdisciplinary problems in medicine and engineering sciences • implement algorithms of medical imaging in the programming language Java • apply the contents of the lecture in independent but supervised project work to a concrete medical problem • acquire interface competence between engineering sciences and medicine • learn to present subject-related content clearly and in a manner appropriate to the target group
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!

9	Verwendbarkeit des Moduls	Artificial intelligence in biomedical engineering (AIBE) Bachelor of Science Data Science 20221
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich Project work: Implementation on the computer and written report (generally about 7 pages)
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 120 h Eigenstudium: 30 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	Arnulf Oppelt: Imaging Systems for Medical Diagnostics, Publicis Kommunikations AG, Erlangen, 2005

1	Modulbezeichnung 645618	Human Computer Interaction Human computer interaction	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Human Computer Interaction Exercises (1 SWS) Vorlesung: Human Computer Interaction (3 SWS)	1,25 ECTS 3,75 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Björn Eskofier Ann-Kristin Seifer Syrine Slim Madeleine Flaucher Björn Nieth	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Björn Eskofier Madeleine Flaucher	
5	Inhalt	<p>Das Modul vermittelt Konzepte, Prinzipien, Modelle, Methoden und Techniken für die effektive Entwicklung von benutzerfreundlichen Mensch-Computer-Schnittstellen. Das Thema moderner Benutzungsschnittstellen wird dabei für klassische Computer aber auch für mobile Geräte, eingebettete Systeme, Automobile und intelligente Umgebungen betrachtet.</p> <p>Die folgenden Themen werden im Modul behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einführung in die Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion, historische Entwicklung • Entwurfsprinzipien und Modelle für moderne Benutzungsschnittstellen und interaktive Systeme • Informationsverarbeitung des Menschen, Wahrnehmung, Motorik, Eigenschaften und Fähigkeiten des Benutzers • Interaktionskonzepte und -stile, Metaphern, Normen, Regeln und Style Guides • Ein- und Ausgabegeräte, Entwurfsraum für interaktive Systeme • Analyse-, Entwurfs- und Entwicklungsmethoden und -werkzeuge für Benutzungsschnittstellen • Prototypische Realisierung und Implementierung von interaktiven Systemen, Werkzeuge • Architekturen für interaktive Systeme, User Interface Toolkits und Komponenten • Akzeptanz, Evaluationsmethoden und Qualitätssicherung <p>Contents: The module aims to teach basic knowledge of concepts, principles, models, methods and techniques for developing highly user-friendly Human-Computer Interfaces. Beyond traditional computer systems, modern user interfaces are also discussed in the context of automobile and intelligent environments, mobile devices and embedded systems. This module addresses the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to the basics of Human-Computer Interaction 	

		<ul style="list-style-type: none"> • Design principles and models for modern user interfaces and interactive systems • Information processing of humans, perception, motor skills, properties and skills of the users • Interaction concepts, metaphors, standards, norms and style guides • In- and output devices, design space for interactive systems • Analysis-, design- and development of methodologies and tools for easy-to-use user interfaces • Prototypic implementation of interactive systems • Architectures for interactive systems, User Interface Toolkits and components • Acceptance, evaluation methods and quality assurance
6	Lernziele und Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> • Studierende entwickeln ein Verständnis für Modelle, Methoden und Konzepte der Mensch-Computer-Interaktion. • Sie lernen verschiedene Ansätze für den Entwurf, die Entwicklung und Bewertung von Benutzungsschnittstellen kennen und verstehen deren Vor- und Nachteile. • Die Teilnahme an der Veranstaltung versetzt Studierende in die Lage, einen Entwicklungsprozess in der Mensch-Computer-Interaktion zu verstehen und umzusetzen. • Sie werden weiterhin in die Lage versetzt, dies vor dem Hintergrund der Informationsverarbeitungsfähigkeit, Wahrnehmung und Motorik des Benutzers zu gestalten. • Passende Methoden der Evaluation sowie Akzeptanz- und Qualitätssicherung werden erlernt. <p>Learning Objectives and Competences:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Students develop an understanding of models, methods and concepts in the field of Human-Computer Interaction. • They learn different approaches for designing, developing and evaluating User Interfaces and their advantages and disadvantages. • Joining the course enables students to understand and execute a development process in Human-Computer Interaction. • Students will be able to do a UI evaluation by learning the basics of information processing, perception and motoric skills of the user. • Appropriate evaluation methods, as well as acceptance and quality assurance aspects, will be learned.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!
9	Verwendbarkeit des Moduls	Artificial intelligence in biomedical engineering (AIBE) Bachelor of Science Data Science 20221

10	Studien- und Prüfungsleistungen	elektronische Prüfung Electronic exam (in presence), 90min
11	Berechnung der Modulnote	elektronische Prüfung (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	

1	Modulbezeichnung 44157	Interfacing the Neuromuscular system: Applications for Human/Machine Interfaces and Neurophysiology Interfacing the neuromuscular system: Applications for Human/machine interfaces and neurophysiology	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Alessandro Del Vecchio
5	Inhalt	<p>Module: Principles of Neural control of movement and neuroengineering How the central nervous system controls muscle forces; Neurons, upper and lower motoneurons, Cortical and brainstem function, Interneurons and Motor Units. Neuroengineering applications for studying the neural control of movement; invasive and non-invasive recordings, electrical stimulation of the nervous system.</p> <p>Module: Electrophysiology Generation of an action potential; HodgkinHuxley model, difference between intracellular and extracellular action potential, sparsity of the action potential in a matrix of electrodes. Recording electrophysiological data in humans; examples of EMG and EEG recordings.</p> <p>Module: Applications to Human/Machine Interfaces Biosignal processing; data with high temporal resolution, identification of individual neurons, associations between neuronal discharge times and behaviour; control of prosthetic devices from EMG signals in amputees and neurodegenerative and neurotraumatic diseases.</p> <p>Module: Applications to Neurophysiology Neuronal encoding of behaviour; motor unit physiology in humans; motoneuron properties, longitudinal assessment of neuronal function.</p> <p>Module: MATLAB / Python practical coursework Extraction of neural information from electrophysiological signals; associations of information between electrophysiological signals and behavioural data; Experiment in humans.</p>
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>The students will acquire in-depth skills in the acquisition, analysis, and interpretation of electrophysiological data with a specific focus on human recordings in health and pathological conditions (e.g., spinal cord injury, stroke, and Parkinsons disease). The goal of this course is to teach the current methods in man/machine interfaces and neurophysiological applications. The course will provide information on the neural circuitries that determine coordinated movement. The specific focus is on the motor system that regulates skilled motor behaviour. We will study the physiological pathways of the motor system and the effect of neurodegenerative diseases that affect this system. Ultimately, this course will give students a robust overview of how to use electrophysiology in order to assist individuals with neural impairments.</p>
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	No compulsory prerequisites.

		Recommended: Basic biology and neurophysiology, Computer programming (Matlab and/or Python), Biosignal processing.
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!
9	Verwendbarkeit des Moduls	Artificial intelligence in biomedical engineering (AIBE) Bachelor of Science Data Science 20221
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur Written examination (60 min.)
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Principles of Neuroscience from Eric R. Kandel, MD • Motor unit from Heckman and Enoka, DOI: 10.1002/cphy.c100087 • Surface Electromyography, Physiology, Engineering, and Applications Edited by Roberto Merletti and Dario Farina • Neural Engineering, Edited by Bin He • Tutorial: Analysis of motor unit discharge characteristics from high-density surface EMG signals, Del Vecchio et al. <p>https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2020.102426</p> <ul style="list-style-type: none"> • Restoring sensorimotor function through intracortical interfaces: progress and looming challenges, Bensmaia and Miller https://www.nature.com/articles/nrn3724