



Nr. 106 vom 30. September 2026

AMTLICHE BEKANNTMACHUNG

Hg.: Der Präsident der Universität Hamburg
Referat 31 – Qualität und Recht

Fachspezifische Bestimmungen für den Studiengang Computing in Science (B.Sc.)

Vom 19. August 2026

Das Präsidium der Universität Hamburg hat am 22. September 2026 die vom Fakultätsrat der Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften am 19. August 2026 auf Grund von § 91 Absatz 2 Nummer 1 des Hamburgischen Hochschulgesetzes (HmbHG) vom 18. Juli 2001 (HmbGVBl. S. 171) in der Fassung vom 19. Februar 2025 (HmbGVBl. S. 241) beschlossenen Fachspezifischen Bestimmungen für den Studiengang Computing in Science (B.Sc.) gemäß § 108 Absatz 1 HmbHG genehmigt.

Präambel

Diese Fachspezifischen Bestimmungen ergänzen die Regelungen der Prüfungsordnung der Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften für Studiengänge mit dem Abschluss „Bachelor of Science“ (B.Sc.) vom 20. Oktober 2021 in der jeweils geltenden Fassung (PO B.Sc.) und beschreiben die Module für den Studiengang Computing in Science (B.Sc.).

I. Ergänzende Regelungen

Zu § 1:

Studienziel, Prüfungszweck, Akademischer Grad, Durchführung des Studiengangs

Zu § 1 Absatz 1:

Neben den allgemeinen Studienzielen nach § 1 Absatz 1 der Prüfungsordnung für Studiengänge mit dem Abschluss Bachelor of Science (B.Sc.) erwerben die Studierenden des Studiengangs Computing in Science (B.Sc.) das Verständnis von Problemstellungen im jeweiligen gewählten naturwissenschaftlichen Fach und Lösungskompetenzen unter Anwendung von mathematischen und informatischen Methoden.

Absolventinnen und Absolventen des Studiengangs Computing in Science

- a) verfügen über ein breites Spektrum an Fachwissen der Informatik, der Mathematik und, je nach gewähltem Schwerpunkt, der Naturwissenschaft Physik bzw. Biochemie/Chemie,
- b) besitzen fundierte Informatik-Kenntnisse im Bereich Softwareentwicklung sowie in theoretischer und praktischer Informatik,
- c) haben ein Verständnis für mathematische Methoden aus der Algebra, der Analysis, der Numerik und der Stochastik und können diese zielgerichtet zur Entwicklung computergestützter Verfahren im Kontext der Naturwissenschaften einsetzen,
- d) können aufgrund der Interdisziplinarität des Studiengangs effizient mit Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen aus den Naturwissenschaften und der Informatik kommunizieren,
- e) können ihre fundierten methodischen Kenntnisse für das quantitative Modellieren zur Lösung von naturwissenschaftlichen Problemen nutzen,
- f) können die entwickelten Modelle nach aktuellen Standards in Software implementieren und validieren,
- g) sind in der Lage, sich selbstständig neues Wissen und Fähigkeiten in den Teildisziplinen ihres Studienfachs anzueignen.

Zu § 1 Absatz 4:

Die Durchführung des Studienganges erfolgt durch die Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften.

§ Zu § 4:**Studien- und Prüfungsaufbau, Module und Leistungspunkte****Zu § 4 Absatz 2 und 3:**

- (1) Detaillierte Beschreibungen der Module finden sich unter II. Modulbeschreibungen und im Modulhandbuch für den Studiengang Computing in Science (B.Sc.).
- (2) Der Studiengang Computing in Science (B.Sc.) gliedert sich thematisch in die vier Gebiete Informatik, Mathematik, naturwissenschaftliches Schwerpunktfach und naturwissenschaftliche Informatik (CiS). Das Curriculum wird ergänzt durch den Freien Wahlbereich. Im Freien Wahlbereich können zur Verbreiterung oder Vertiefung der Kenntnisse und zur Vorbereitung auf ein innovatives interdisziplinäres Berufsfeld Veranstaltungen aus weiteren Studienfächern der Universität belegt werden (siehe unter Absatz 8.).
- (3) Im Informatikanteil werden Kompetenzen und Technik der Informatik zur Modellierung und Lösung komplexer Anwendungsprobleme vermittelt. Er besteht aus Pflichtmodulen mit einem Umfang von 36 Leistungspunkten (siehe unter II. Modulbeschreibungen: InfB-PfN1, InfB-PfN2, InfB-ETI, InfB-AD, InfB-GDB, InfB-DSPR) und kann durch entsprechende Modulwahl im Wahlpflichtbereich um bis zu 24 Leistungspunkte erweitert werden. Der Mathematikanteil dient der Vermittlung mathematisch grundlegender Kompetenzen und Fertigkeiten. Er besteht aus Pflichtmodulen im Umfang von 33 Leistungspunkten (siehe unter II. Modulbeschreibungen: MATH1-CiS, MATH2-CiS, Ma-P4, MATH-Inf/STO1) und kann durch entsprechende Modulwahl im Wahlpflichtbereich um bis zu 24 Leistungspunkte erweitert werden.
- (4) Der Studiengang bietet die Schwerpunktfächer Physik oder Biochemie/Chemie an, von denen eines erfolgreich zu absolvieren ist. Das Schwerpunktfach vermittelt naturwissenschaftliche Grundlagen, Methoden und Fertigkeiten im gewählten Schwerpunkt und besteht aus Pflicht- und Wahlpflichtmodulen. Der Umfang der Pflicht- und Wahlpflichtbereiche ist dabei abhängig vom gewählten Schwerpunkt.
- (5) Der Pflichtbereich im Schwerpunkt Physik hat einen Umfang von 74 Leistungspunkten und besteht aus Modulen der Physik, der naturwissenschaftlichen Informatik (CiS-Physik, siehe unter Absatz 7) und dem Abschlussmodul (siehe unter II. Modulbeschreibungen: PHY-WM, PHY-AP-I, PHY-E1, PHY-E2, PHY-T2, PHY-CiS-CP, PHY-CiS-Projekt, PHY-CiS-PS, PHY-CiS-Sem, InfB-BA/CiS).
Der Wahlpflichtbereich im Schwerpunkt Physik besteht aus Modulen im Umfang von insgesamt 28–31 Leistungspunkten. Im Wahlpflichtbereich 1 kann zwischen Modulen der Informatik, der Mathematik und der Physik gewählt werden. Der Wahlpflichtbereich 1 hat einen Umfang von 21–24 Leistungspunkten (siehe unter II. Modulbeschreibungen: InfB-ATI, InfB-BKA, InfB-BV, InfB-DAIS, InfB-DMSV, InfB-DV, InfB-EML, InfB-ES, InfB-ESM, InfB-HLR, InfB-IGMO, InfB-MOBS, InfB-NLPTM, InfB-PGIT, InfB-RSB, InfB-SEE, InfB-SEW, Ma-P3, Ma-WP11, Ma-WP12, Ma-WP13, Ma-WP14, Ma-WP25, MATH3-CiS, MATH4, MATH-Inf/STO2 sowie PHY-CiS-FP, PHY-T3, PHY-E3).
Im Wahlpflichtbereich 2 kann zwischen den Modulen Physik IV, Physik V oder Physik VI gewählt werden (7 Leistungspunkte).
- (6) Der Pflichtbereich im Schwerpunkt Biochemie/Chemie hat einen Umfang von 54 Leistungspunkten und besteht aus Modulen der Biochemie und Chemie, der naturwissenschaftlichen Informatik (CiS-Biochemie/Chemie, siehe unter Absatz 7) und dem Abschlussmodul (siehe unter II. Modulbeschreibungen CHE 002 A, CHE 071, CHE 080 A, CHE 081 A, CHE 083, CHE 008, CHE 356, InfB-Pros/CiS/BC, InfB-Proj/CiS/BC, InfB-Sem/CiS/BC, InfB-BA/CiS).

- (7) Der Wahlpflichtbereich im Schwerpunkt Biochemie/Chemie besteht aus Modulen im Umfang von insgesamt 48-51 Leistungspunkten. Im Wahlpflichtbereich 1 kann zwischen Modulen der Informatik und der Mathematik gewählt werden. Der Wahlpflichtbereich 1 hat einen Umfang von 21–24 Leistungspunkten (siehe unter II. Modulbeschreibungen: InfB-ATI, InfB-BKA, InfB-BV, InfB-DAIS, InfB-DMSV, InfB-DV, InfB-EML, InfB-ES, InfB-ESM, InfB-HLR, InfB-IGMO, InfB-MOBS, InfB-NLPTM, InfB-PGIT, InfB-RSB, InfB-SEE, InfB-SEW, Ma-P3, Ma-WP11, Ma-WP12, Ma-WP13, Ma-WP14, Ma-WP25, MATH3-CiS, MATH4, MATH-Inf/STO2). Im Wahlpflichtbereich 2 können Wahlpflichtmodule der Chemie oder Biochemie im Umfang von 21 Leistungspunkten gewählt werden (siehe unter II. Modulbeschreibungen Leereinheit Chemie Wahlpflichtmodule). Im Wahlpflichtbereich 3 kann ein Modul aus den Grundlagen der Bioinformatik im Umfang von 6 Leistungspunkten gewählt werden (siehe unter II. Modulbeschreibungen Grundlagenmodule der Bioinformatik MBI-GCI, MBI-GSA, MBI-GSB, MBI-GST).
- (8) Abhängig vom Schwerpunktfach enthält der Studiengang Module aus dem Bereich der naturwissenschaftlichen Informatik (CiS). Lernziel dieses Bereichs ist die Vermittlung von Kompetenzen zur Modellierung und Lösung naturwissenschaftlicher Fragestellungen im Schwerpunktfach durch Methoden der Mathematik und Informatik. Der CiS-Anteil im Umfang von 30 Leistungspunkten besteht aus den folgenden Pflicht- bzw. Wahlpflichtmodulen: CiS-Proseminar (3 Leistungspunkte), CiS-Grundlagenmodul (6 Leistungspunkte), CiS-Seminar (3 Leistungspunkte), CiS-Projekt (6 Leistungspunkte) und Abschlussmodul (12 Leistungspunkte).
- (9) Der Freie Wahlbereich umfasst mindestens 6 Leistungspunkte und maximal 9 Leistungspunkte. Im Freien Wahlbereich kann im Umfang von mindestens 6 Leistungspunkten und maximal 9 Leistungspunkten aus dem für den Freien Wahlbereich und Crossdisciplinary Learning von den anbietenden Fächern geöffneten Lehrangebot der Universität Hamburg ausgewählt werden. Die Summe der Leistungspunkte aus dem Wahlpflichtbereich 1 (21–24 Leistungspunkte) und dem Freien Wahlbereich (6–9 Leistungspunkte) muss 30 Leistungspunkte betragen. Der zuständige Prüfungsausschuss kann Empfehlungen für den Freien Wahlbereich aussprechen.

Semester	Module / Bereiche (Leistungspunkte)
1. FS	Programmierung für Naturwissenschaften 1 (Pflicht, 6 LP) CiS Proseminar (Pflicht, 3 LP) Physik I (Mechanik und Wärmelehre) (Pflicht, 12 LP) Mathematik I für Computing in Science (Pflicht, 9 LP)
2. FS	Einführung in die Theoretische Informatik (Pflicht, 6 LP) Wissenschaftliche Methoden zur Physik (Pflicht, 3 LP) Physik II (Elektrodynamik und Optik) (Pflicht, 12 LP) Mathematik II für Computing in Science (Pflicht, 9 LP)
3. FS	Algorithmen und Datenstrukturen (Pflicht, 6 LP) Grundlagen von Datenbanken (Pflicht, 6 LP) Physikalisches Praktikum I für Studierende der Naturwissenschaften (Pflicht, 8 LP) Numerische Mathematik (Pflicht, 9 LP)
4. FS	Programmierung für Naturwissenschaften 2 (Pflicht, 6 LP) Data Science in Python und R (Pflicht, 6 LP) Freier Wahlbereich (3 LP) Theoretische Physik II (Quantenmechanik I) (Pflicht, 9 LP) Stochastik (Pflicht, 6 LP)
5. FS	Wahlpflichtbereich 1: Informatik/Mathematik/Physik (15 LP) CiS Seminar (Pflicht, 3 LP) Computational Physics (Pflicht, 6 LP) CiS Projekt (Pflicht, 6 LP)
6. FS	Wahlpflichtbereich 1: Informatik/Mathematik/Physik (6–9 LP) Freier Wahlbereich (3–6 LP) Wahlpflichtbereich 2: Physik (Physik IV, V oder VI) (7 LP) Abschlussmodul (Bachelorarbeit und Kolloquium) (Pflicht, 12 LP)

Abb. 1: Studienplan Computing in Science (B.Sc.) Schwerpunkt Physik

Semester	Module / Bereiche (Leistungspunkte)
1. FS	Programmierung für Naturwissenschaften 1 (Pflicht, 6 LP) CiS Proseminar (Pflicht, 3 LP) Allgemeine und Anorganische Chemie (Pflicht, 6 LP) Physikalische Chemie I: Allgemeine Einführung in die Physikalische Chemie (Pflicht, 4,5 LP) Mathematik I für Computing in Science (Pflicht, 9 LP)
2. FS	Programmierung für Naturwissenschaften 2 (Pflicht, 6 LP) Einführung in die Theoretische Informatik (Pflicht, 6 LP) Organische Chemie (Pflicht, 6 LP) Physikalische Chemie III: Vertiefung der klassischen Physikalischen Chemie (Pflicht, 4,5 LP) Mathematik II für Computing in Science (Pflicht, 9 LP)
3. FS	Algorithmen und Datenstrukturen (Pflicht, 6 LP) Grundlagen von Datenbanken (Pflicht, 6 LP) Grundpraktikum in Anorganischer und Organischer Chemie (Pflicht, 3 LP) Einführung in die Medizinische Chemie (Pflicht, 3 LP) Einführung in die Biochemie (Pflicht, 3 LP) Numerische Mathematik (Pflicht, 9 LP)
4. FS	Data Science in Python und R (Pflicht, 6 LP) Freier Wahlbereich (3 LP) Wahlpflichtbereich 2: Vertiefung Chemie oder Biochemie (15 LP) Stochastik (Pflicht, 6 LP)
5. FS	Wahlpflichtbereich 1: Informatik oder Mathematik (15 LP) Wahlpflichtbereich 3: Grundlagen der Bioinformatik (6 LP) CiS Seminar (Pflicht, 3 LP) CiS Projekt (Pflicht, 6 LP)
6. FS	Wahlpflichtbereich 1: Informatik oder Mathematik (6–9 LP) Freier Wahlbereich (3–6 LP) Wahlpflichtbereich 2: Vertiefung Chemie oder Biochemie (6 LP) Abschlussmodul (Bachelorarbeit und Kolloquium) (Pflicht, 12 LP)

Abb. 2: Studienplan Computing in Science (B.Sc.) Schwerpunkt Biochemie/Chemie

Zu § 5:**Lehrveranstaltungsarten****Zu § 5 Satz 2:**

Alle Lehrveranstaltungsarten nach § 5 MIN-PO B.Sc. sind möglich. Module bestehen insbesondere aus Kombinationen von Vorlesungen und jeweils einem Seminar oder einer Übung oder ausschließlich aus Vorlesungen. Zudem können Vorlesungen mit integrierten Übungen angeboten werden.

Als weitere Lehrveranstaltungsart können Tutorien stattfinden, in denen die Studierenden unter Hilfestellung einer studentischen Tutorin bzw. eines studentischen Tutors Grundkenntnisse des Vorlesungsstoffes vertiefen und grundlegende Fertigkeiten zum Vorlesungsstoff einüben.

Zu § 5 Absatz 1 Satz 3 und 4, Absatz 2:

Für folgende Lehrveranstaltungsarten besteht Anwesenheitspflicht:

- a) Seminare und Proseminare, da diese auch zum Ziel haben, die Kritikfähigkeit und die Fähigkeit, Diskussionen zu führen, zu verbessern;

- b) Praktika, da die Studierenden unter Anleitung zum Lösen praktischer Problemstellungen befähigt werden sollen;
- c) Projekte, da diese auch dem Erwerb von Sozialkompetenzen dienen, z.B. der Befähigung zur Projektarbeit im Team;
- d) Übungen, wenn die Qualifikationsziele des zugehörigen Moduls außerhalb der Übungen in der Regel nicht vollständig erreicht werden können.

Die Anwesenheitspflicht gilt nicht für die Zulassung zu Wiederholungsprüfungen.

Zu § 7:

Prüfungsausschuss

Bei den Mitgliedern aus der Gruppe der Hochschullehrerinnen und Hochschullehrer soll jeweils eine Vertreterin oder ein Vertreter sowie eine Stellvertreterin oder ein Stellvertreter aus den Fächern

- Informatik/Zentrum für Bioinformatik (ZBH)
- Chemie/Biochemie
- Physik/Mathematik kommen.

Alle zwei Jahre sollen die jeweiligen Fächer die Vertreter- und Stellvertreterpositionen wechseln.

Das Mitglied aus der Gruppe des akademischen Personals soll dem Fach Mathematik oder Informatik angehören. Das studentische Mitglied soll eine eingeschriebene Studierende oder ein eingeschriebener Studierender des Studienganges Computing in Science sein.

Zu § 13:

Studienleistungen und Modulprüfungen

Zu § 13 Absatz 4:

Sofern die konkrete Prüfungsdauer und/oder der Prüfungsumfang nicht in diesen fachspezifischen Bestimmungen geregelt sind, werden sie zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

Zu § 13 Absatz 10:

Die Prüfung findet in der Sprache der Veranstaltung statt. Im Einvernehmen zwischen Prüfer bzw. Prüferin und Prüfling kann die Prüfung in einer vom Modul abweichenden Sprache abgehalten werden.

Zu § 14:

Bachelorarbeit

Zu § 14 Absatz 1:

Verpflichtender Bestandteil des Abschlussmoduls ist neben der Bachelorarbeit ein Kolloquium bestehend aus einem Vortrag und einer wissenschaftlichen Diskussion zu den Inhalten der Bachelorarbeit. Vortrag und Diskussion haben einen Gesamtumfang von 30 bis 40 Minuten. Das Kolloquium geht zu einem Anteil von einem Zehntel in die Bewertung des Abschlussmoduls ein und muss mindestens mit der Note 4,0 bestanden sein. Das Kolloquium soll spätestens sechs Wochen nach Abgabe der schriftlichen Arbeit gehalten werden.

Zu § 14 Absatz 2 Satz 1:

Zum Abschlussmodul wird zugelassen, wer alle Pflichtmodule der ersten vier Fachsemester, wobei das Modul „Numerische Mathematik“ nicht berücksichtigt wird, und eines der Module „Grundlagen der Sequenzanalyse“, „Grundlagen der Strukturanalyse“, „Grundlagen der Chemieinformatik“, „Grundlagen der computergestützten Systembiologie“ oder „Computational Physics“ erfolgreich absolviert, d. h. die zugehörigen Leistungspunkte erworben hat. Über Ausnahmefälle entscheidet die bzw. der Prüfungsausschussvorsitzende.

Zu § 14 Absatz 5:

Der Bearbeitungsumfang des Abschlussmoduls (Bachelorarbeit und Kolloquium) umfasst 12 Leistungspunkte. Der Bearbeitungszeitraum der Bachelorarbeit beträgt 5 Monate.

Zu § 15:

Bewertung der Prüfungsleistungen

Zu § 15 Absatz 3 Satz 5:

Setzt sich eine Modulprüfung aus mehreren Teilprüfungsleistungen zusammen, so wird die Berechnung der (Gesamt-)Note des Moduls unter II. Modulbeschreibungen ausgewiesen. Dies gilt nicht für das Abschlussmodul, für das die Berechnung unter „Zu § 14“ festgelegt ist.

Zu § 15 Absatz 3 Satz 10 und 11:

Die Gesamtnote wird als ein mittels Leistungspunkten gewichtetes Mittel der Modulnoten berechnet, wobei

1. die Wahlpflichtmodule und die Pflichtmodule – außer den Modulen Proseminar CiS-Physik (PHY-CiS-PS) bzw. Proseminar CiS-Biochemie (InfB-Pros/CiS/BC), Physikalisches Praktikum I für Studierende der Naturwissenschaften (PHY-AP-I) bzw. Grundpraktikum in Anorganischer und Organischer Chemie (CHE 083), Wissenschaftliche Methoden zur Physik (PHY-WM) und den Modulen Mathematik für Computing in Science I und II (MATH1-CiS, MATH2-CiS) und dem Abschlussmodul (InfB-BA/CiS) – einfach gewertet werden,
2. der Freie Wahlbereich und die Module Proseminar CiS-Physik (PHY-CiS-PS) bzw. Proseminar CiS-Biochemie (InfB-Pros/CiS/BC) sowie Physikalisches Praktikum I für Studierende der Naturwissenschaften (PHY-AP 1) bzw. Grundpraktikum in Anorganischer und Organischer Chemie (CHE 083) und Wissenschaftliche Methoden zur Physik (PHY-WM) nicht berücksichtigt werden,
3. von den Noten der Module Mathematik für Studierende Computing in Science I und II (MATH1-CiS, MATH2-CiS) nur die beste Note berücksichtigt wird,
4. und das Abschlussmodul (InfB-BA/CiS) 4-fach gewichtet wird.

II. Modulbeschreibungen

1. Module der Lehreinheit Informatik

Modultyp	Pflicht Informatik, empfohlenes Semester: 3
Titel	Algorithmen und Datenstrukturen
Sigle	InfB-AD
Qualifikationsziele	Die Studierenden besitzen Kenntnisse über algorithmische Lösungen und sind in der Lage, diese im Hinblick auf Problemadäquatheit, Zeit- und Platzkomplexität, (strukturelle) Echtzeitfähigkeit, formale Korrektheit und Vollständigkeit zu bewerten. Sie verfügen über grundlegende Fertigkeiten für die Auswahl, Umsetzung und Modifikation von Algorithmen vor dem Hintergrund konkreter Informationsverarbeitungsaufgaben.
Inhalte	Behandelt werden theoretische Aspekte von Algorithmen zur Arbeit mit linearen, hierarchischen und graph-strukturierten Datenstrukturen. Einen Schwerpunkt bilden Sortierverfahren, Datenstrukturen für Suchprobleme, grundlegende Graphalgorithmen, Greedy-Verfahren, dynamische Programmierung und algorithmische Konzepte zur Komplexitätstheoretischen Einordnung und Lösung kombinatorischer Probleme. Dies umfasst entsprechende Beweistechniken.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Algorithmen und Datenstrukturen: 3 SWS Übungen Algorithmen und Datenstrukturen: 1 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und gegebenenfalls englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: InfB-PfN1, InfB-ETI, MATH1-CiS
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; die Teilnahme gilt grundsätzlich als erfolgreich, wenn alle Aufgaben bearbeitet und mindestens 50 % richtig gelöst wurden; im Falle abweichender Kriterien werden diese vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Weitere Kriterien können Präsentation von Lösungen und das erfolgreiche Lösen elektronischer Tests sein. Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; in der Regel schriftlich (Klausur) und in der Unterrichtssprache. Abweichend ist eine mündliche Prüfung möglich. Die Prüfungsart wird vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Algorithmen und Datenstrukturen: 3 LP Übungen Algorithmen und Datenstrukturen: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Pflicht Informatik, empfohlenes Semester: 2
Titel	Einführung in die Theoretische Informatik
Sigle	InfB-ETI
Qualifikationsziele	Die Studierenden verfügen über ein grundlegendes Verständnis einfacher formaler Konzepte und mathematischer Methoden der Informatik. Sie kennen geeignete Abstraktionen, Modellbildungen und Verfahren zur Beschreibung und Analyse von Algorithmen, Prozessen und Systemen und sind in der Lage, diese auf einem theoretischen Fundament anzuwenden.
Inhalte	Das Teilgebiet Automatentheorie behandelt einfache mathematische Modelle, die dem Computer und Algorithmen zu Grunde liegen. Mit Formalen Sprachen und Grammatiken wird der prinzipielle, strukturelle Aufbau von Programmier- und Spezifikationssprachen beschrieben. Aussagenlogik ermöglicht das Üben mit adäquaten Kalkülen zur Modellierung von Systemen. Sie bildet eine erste Grundlage für eine formale Semantik von sprachlichen Beschreibungen und Anweisungen in Programmier-, Spezifikations- und Repräsentationssprachen. Grenzen des Berechenbaren werden durch die betrachteten Sprachen sichtbar.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Einführung in die Theoretische Informatik: 2 SWS Übungen Einführung in die Theoretische Informatik: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und gegebenenfalls englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: InfB-PfN1
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; die Teilnahme gilt grundsätzlich als erfolgreich, wenn alle Aufgaben bearbeitet und mindestens 50 % richtig gelöst wurden; im Falle abweichender Kriterien werden diese vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Weitere Kriterien können Präsentation von Lösungen und das erfolgreiche Lösen elektronischer Tests sein. Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; in der Regel schriftlich (Klausur) und in der Unterrichtssprache. Abweichend ist eine mündliche Prüfung möglich. Die Prüfungsart wird vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilen	Vorlesung Einführung in die Theoretische Informatik: 3 LP Übungen Einführung in die Theoretische Informatik: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Pflicht Informatik, empfohlenes Semester: 3
Titel	Grundlagen von Datenbanken
Sigle	InfB-GDB
Qualifikationsziele	Die Studierenden besitzen fundierte Kenntnisse über die grundlegenden Methoden und Konzepte von Datenbanken und Informationssystemen, insbesondere zur Informations-/Datenmodellierung sowie über Daten-/Zugriffsstrukturen und Anfragesprachen zur effizienten Verwaltung bzw. zum Zugriff auf diese. Sie besitzen die Fähigkeit zur Anwendungsmodellierung und zum DB-Entwurf sowie zur konkreten Anwendung der grundlegenden Methoden und Mechanismen der DB-basierten und XML-basierten Datenverarbeitung.
Inhalte	Im Mittelpunkt stehen Informationsmodelle, das relationale Datenmodell mit der Anfragesprache SQL sowie semistrukturierte Daten anhand von XML.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Grundlagen von Datenbanken: 3 SWS Übungen Grundlagen von Datenbanken: 1 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und gegebenenfalls englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: InfB-PfN1, InfB-ETI
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; die Teilnahme gilt grundsätzlich als erfolgreich, wenn alle Aufgaben bearbeitet und mindestens 50 % richtig gelöst wurden; im Falle abweichender Kriterien werden diese vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; in der Regel schriftlich (Klausur) und in der Unterrichtssprache. Abweichend ist eine mündliche Prüfung möglich. Die Prüfungsart wird vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Grundlagen von Datenbanken: 3 LP Übungen Grundlagen von Datenbanken: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 1 Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 1 empfohlenes Semester: 5
Titel	Aktuelle Themen der Theoretischen Informatik
Sigle	InfB-ATI
Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen verschiedene aktuelle Themenbereiche aus der Theoretischen Informatik. Die Studierenden verfügen über einen ersten Überblick über Themen im Bereich der Theoretischen Informatik der konsekutiven Masterstudiengänge des Fachbereichs Informatik.
Inhalte	Das Modul ist in 3-4 Themenblöcke eingeteilt. In jedem Block lernen die Studierenden einen neuen Teilbereich der Theoretischen Informatik kennen. Die Themenblöcke werden dabei jeweils nach aktuellen Fragestellungen ausgerichtet. Unter anderem werden die folgenden Bereiche abgedeckt: • Parallele Algorithmen • Randomisierte Algorithmen • Competitive Analyse und Spieltheorie • Moderne Komplexitätstheorie • Aktuelle Trends in der Theoretischen Informatik
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Aktuelle Themen der Theoretischen Informatik: 3 SWS Übungen Aktuelle Themen der Theoretischen Informatik: 1 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch mit deutsch- und/oder englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: InfB-AD Empfohlen: InfB-ETI, InfB-BKA
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Regelmäßige, aktive und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; die Teilnahme gilt grundsätzlich als erfolgreich, wenn alle Aufgaben bearbeitet und mindestens 50 % richtig gelöst wurden; im Falle abweichender Kriterien werden diese vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; i.d.R. mündlich und in der Unterrichtssprache. Abweichend ist eine schriftliche Prüfung (Klausur) möglich. Die Prüfungsart wird vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Aktuelle Themen der Theoretischen Informatik: 3 LP Übungen Aktuelle Themen der Theoretischen Informatik: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 1 Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 1 empfohlenes Semester: 4/6
Titel	Berechenbarkeit, Komplexität und Approximation
Sigle	InfB-BKA
Qualifikationsziele	Die Studierenden verfügen über ein gutes Verständnis einfacher formaler Konzepte und mathematischer Methoden der Informatik. Sie kennen geeignete Verfahren, um Probleme nach ihrer Komplexität zu klassifizieren und erlernen das Lösen schwieriger Probleme.
Inhalte	Im ersten Teil der Vorlesung werden Probleme nach deren Komplexität klassifiziert. Es wird aufgezeigt, dass es Probleme gibt, die gar nicht oder nicht effizient berechenbar sind. Im zweiten Teil der Vorlesung werden Techniken vorgestellt, um solche Probleme zu approximieren.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Berechenbarkeit, Komplexität und Approximation: 3 SWS Übungen Berechenbarkeit, Komplexität und Approximation: 1 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und gegebenenfalls englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: InfB-ETI, MATH1-CiS
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; die Teilnahme gilt grundsätzlich als erfolgreich, wenn alle Aufgaben bearbeitet und mindestens 50 % richtig gelöst wurden; im Falle abweichender Kriterien müssen diese vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben werden. Weitere Kriterien können Präsentation von Lösungen und das erfolgreiche Lösen elektronischer Tests sein. Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; in der Regel schriftlich (Klausur, Dauer 180 Minuten) und in der Unterrichtssprache. Abweichend ist eine mündliche Prüfung möglich, die Prüfungsart wird vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Berechenbarkeit, Komplexität und Approximation: 3 LP Übungen Berechenbarkeit, Komplexität und Approximation: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 1 Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 1 empfohlenes Semester: 6
Titel	Einführung in die Bildverarbeitung
Sigle	InfB-BV
Qualifikationsziele	Die Studierenden verfügen über grundlegende Kenntnisse und Fertigkeiten zur digitalen Bildverarbeitung, insbesondere mathematische und algorithmische Grundlagen zu Filterung, Segmentierung, Farbkodierung, etc.. Sie kennen die Anwendungsgebiete verschiedener Methoden und können je nach Anwendungsbereich die passenden Algorithmen auswählen. Durch passende Übungen sind sie in der Lage, die Verfahren auf reale Bilddaten unterschiedlicher Art anzuwenden und anzupassen. Außerdem können sie einschlägige Bildverarbeitungsbibliotheken nutzen.
Inhalte	In dieser Veranstaltung lernen die Studierenden die digitale Bildverarbeitung kennen, d.h. es werden Algorithmen vorgestellt, die Bilder verändern, verbessern, oder analysieren. Dies beginnt mit grundlegenden Techniken zur Binarisierung von Bildern, zur Kontrastverbesserung und zur Farbkodierung. Dann werden digitale Filter zum Weichzeichnen (Glättung) und zur Kantendetektion eingeführt und Methoden, um bestimmte Strukturen (z.B. Linien, Kreise) in Bildern zu finden, behandelt. Schließlich erfolgt ein erster Einblick in die Interpretation von Bildern mithilfe maschineller Lernverfahren, wie z.B. neuronaler Netze (deep learning). In der Vorlesung werden Algorithmen vorgestellt und deren Potential und Limitierungen erörtert, sowie Anwendungen vorgestellt. Die Übungen bestehen aus theoretischen Aufgaben und praktischen Programmieraufgaben.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Einführung in die Bildverarbeitung: 2 SWS Übungen Einführung in die Bildverarbeitung: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und gegebenenfalls englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: InfB-PfN1, MATH1-CiS
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; die genauen Kriterien werden vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; in der Regel schriftlich (Klausur) und in der Unterrichtssprache. Abweichend ist eine mündliche Prüfung möglich. Die Prüfungsart wird vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Einführung in die Bildverarbeitung: 3 LP Übungen Einführung in die Bildverarbeitung: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 1 Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 1 empfohlenes Semester: 6
Titel	Data-driven Intelligent Systems
Sigle	InfB-DAIS
Qualifikationsziele	Das Gebiet der Data-driven Intelligent Systems behandelt die Aufbereitung und Akquisition von Information anhand von Daten. Die Studierenden kennen Algorithmen, die wichtig zur Datenanalyse sind, sowie deren verschiedene Visualisierungsmöglichkeiten. Dazu haben die Studierenden ein Verständnis über Strategien zur Interpretation und zum Lernen aus Daten erlangt, die wesentlich zur Wissensakquisition beitragen. Die Studierenden können an Beispielen komplexe Fragestellungen modellieren und vielseitige Lösungsansätze praktisch anwenden und übertragen. Durch die Koppelung systematischer Methoden, angewandt auf datengetriebene Probleme in der Entwicklung intelligenter Systeme, verfügen die Studierenden über wesentliche Kernkompetenzen im Bereich der angewandten Informatik und im wissenschaftlichen Arbeiten.
Inhalte	Inhaltliche Schwerpunkte sind grundlegende Methoden und Konzepte aus den Bereichen: Data Mining und Knowledge Discovery, Maschinelles Lernen, Neuronale Netze, Clustering und Klassifikation, Lernen symbolischer Wissensverarbeitung und Text Mining, Hybride Systeme, wissensbasierte Agenten, Wissensmanagement und Assistenzsysteme.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Data-driven Intelligent Systems: 4 SWS Übungen Data-driven Intelligent Systems: 2 SWS
Unterrichtssprache	Englisch mit englischsprachigem Lehrmaterial oder Deutsch mit deutsch- oder englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: 51 LP, InfB-PfN1, InfB-PfN2, InfB-ETI Empfohlen: InfB-AD
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; die Teilnahme gilt grundsätzlich als erfolgreich, wenn alle Aufgaben bearbeitet und ein überwiegender Anteil (mindestens 50 %) in den Übungen abgenommen wurden; die Details zum abzunehmenden Anteil werden vom Veranstalter im ersten Veranstaltungstermin erläutert; im Falle abweichender Kriterien werden diese vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; in der Regel schriftlich (Klausur) und in der Unterrichtssprache. Abweichend ist eine mündliche Prüfung möglich. Die Prüfungsart wird vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Data-driven Intelligent Systems: 6 LP Übungen Data-driven Intelligent Systems: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	9 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 1 Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 1 empfohlenes Semester: 6
Titel	Digitale Mediensignalverarbeitung
Signle	InfB-DMSV
Qualifikationsziele	Die Studierenden beherrschen die Grundlagen moderner Methoden der Signal- und Systemanalyse sowie der Signalverarbeitung. Sie können die erlernten Konzepte auf Mediensignalen (insbesondere Bild und Ton) anwenden.
Inhalte	Grundlagen der • Digitalisierung von Signalen, insbesondere – Abtasttheorem – Quantisierung • Analyse, Anwendung und Entwurf linearer zeitinvariante Systeme, insbesondere – Filterung und Faltung – Stabilität und Kausalität – Hochpass, Tiefpass und Bandpass Filter • Eigenschaften und Anwendungen von Spektraltransformationen, insbesondere – z-Transformation – Fourierreihe – zeitdiskrete Fouriertransformation – diskrete Fouriertransformation Beispiele aus der Verarbeitung von Multimediasignalen, insbesondere von Ton- und Bildsignalen
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Digitale Mediensignalverarbeitung: 4 SWS Übungen Digitale Mediensignalverarbeitung: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit englisch- und gegebenenfalls deutschsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: Keine
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; die Teilnahme gilt grundsätzlich als erfolgreich, wenn alle Aufgaben bearbeitet und mindestens 50 % richtig gelöst wurden; im Falle abweichender Kriterien werden diese vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; in der Regel schriftlich (Klausur) und in der Unterrichtssprache. Abweichend ist eine mündliche Prüfung möglich. Die Prüfungsart wird vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilen	Vorlesung Digitale Mediensignalverarbeitung: 6 LP Übungen Digitale Mediensignalverarbeitung: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	9 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 1 Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 1 empfohlenes Semester: 5
Titel	Datenvisualisierung
Sigle	InfB-DV
Qualifikationsziele	Die Studierenden verfügen über grundlegende Kenntnisse der Methoden und Anwendungen der computerbasierten Visualisierung von verschiedenen Datentypen für Datenanalyse und Kommunikation. Sie sind in der Lage, grundlegende Visualisierungs-Pipelines zu entwerfen und zu implementieren.
Inhalte	Im Rahmen der Vorlesung werden verschiedene Aspekte der Visualisierung beleuchtet: • Visualisierungsziele und -anwendungen • Datenquellen, -strukturen, -rekonstruktion • Visuelle Wahrnehmung und Farbenlehre • Relevante Grundlagen der Computergrafik • Verfahren und Algorithmen für Skalar- und Vektordaten • Rendering und Präsentation von Daten
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Datenvisualisierung: 2 SWS Übungen Datenvisualisierung: 2 SWS
Unterrichtssprache	Englisch mit englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: 51 LP, InfB-PfN1 Empfohlen: InfB-PfN2, MATH2-CiS
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; die Teilnahme gilt grundsätzlich als erfolgreich, wenn alle Aufgaben bearbeitet und mindestens 50 % richtig gelöst wurden; im Falle abweichender Kriterien werden diese vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; in der Regel schriftlich (Klausur, Dauer 90 Minuten) und in der Unterrichtssprache. Abweichend ist eine mündliche Prüfung möglich. Die Prüfungsart wird vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Datenvisualisierung: 3 LP Übungen Datenvisualisierung: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, mind. jedes zweite Jahr

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 1 Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 1 empfohlenes Semester: 5
Titel	Einführung in das Maschinelle Lernen
Sigle	InfB-EML
Qualifikationsziele	Das Gebiet des Maschinellen Lernens umfasst das Lernen aus Daten, das Erkennen von Mustern in Daten und darauf basierend das Erstellen von Vorhersagen. Studierende kennen grundlegende Herangehensweisen und Algorithmen des Maschinellen Lernens und können diese auf Probleme praktisch anwenden. Sie sind in der Lage, kleinere Projekte im Maschinellen Lernen umzusetzen.
Inhalte	Die Vorlesung beinhaltet grundlegende Konzepte und Algorithmen des Maschinellen Lernens. Die Methoden werden in den Übungen durch praktische Beispiele in Python umgesetzt. Speziell werden Regression, Klassifikation und Clusteranalyse behandelt. Der Fokus liegt auf dem korrekten Anwenden von Methoden im Maschinellen Lernen.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Einführung in das Maschinelle Lernen: 2 SWS Übungen Einführung in das Maschinelle Lernen: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch mit deutsch- und/oder englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: 51 LP, InfB-PfN1, MATH1-CiS Empfohlen: InfB-ETI, InfB-AD, MATH2-CiS, Kenntnisse in Python
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Regelmäßige, aktive und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; die Teilnahme gilt grundsätzlich als erfolgreich, wenn alle Aufgaben bearbeitet und mindestens 50 % richtig gelöst wurden; im Falle abweichender Kriterien werden diese vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; in der Regel schriftlich (Klausur, Dauer 90 Minuten) und in der Unterrichtssprache. Abweichend ist eine mündliche Prüfung möglich. Die Prüfungsart wird vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Einführung in das Maschinelle Lernen: 3 LP Übungen Einführung in das Maschinelle Lernen: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 1 Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 1 empfohlenes Semester: 6
Titel	Eingebettete Systeme
Sigle	InfB-ES
Qualifikationsziele	Die Studierenden verfügen über grundlegende Kenntnisse zum Theorie- und Methodenrepertoire bei der Konfigurierung, Entwurf und angemessener Nutzung von eingebetteten Systemen.
Inhalte	Dieses Modul behandelt im Rahmen der Vorlesung ein begrenztes und wohl ausgewähltes Theorie- und Methodenrepertoire für die Konfigurierung, den Entwurf, die Realisierung und die angemessene Nutzung von eingebetteten Systemen, insbesondere unter Berücksichtigung der aus der Praxis resultierenden Anforderungen hinsichtlich Responsivität, Rekonfigurierbarkeit, Skalierbarkeit, Partitionierung, Effizienz, Kosten, Technologie, Entwurfszeit, Fehlerfreiheit, Abstraktionsebenen, usw. Hinzu kommen spezifische Randbedingungen technologischer, ökonomischer und/oder anwendungsspezifischer Genesis. Der Vorlesungsstoff wird in den Übungen durch Beispiele ergänzt, um das Verstehen der grundlegenden Konzepte und Entwurfsmethoden von Eingebetteten Systemen durch eigenständige Beschäftigung mit den Inhalten besser zu verankern. Anhand ausgewählter Demonstrationen im Labor werden darüber hinaus vertiefende Hinweise auf die praktische Umsetzung beim Entwurf eingebetteter Systeme gegeben.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Eingebettete Systeme: 4 SWS Übungen Eingebettete Systeme: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und gegebenenfalls englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: 51 LP, InfB-RSB Empfohlen: Keine
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; die Teilnahme gilt grundsätzlich als erfolgreich, wenn alle Aufgaben bearbeitet und mindestens 50 % richtig gelöst wurden; im Falle abweichender Kriterien werden diese vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; in der Regel eine mündliche Prüfung und in der Unterrichtssprache. Abweichend ist eine schriftliche Prüfung (Klausur) möglich. Die Prüfungsart wird vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Eingebettete Systeme: 6 LP Übungen Eingebettete Systeme: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	9 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 1 Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 1 empfohlenes Semester: 6
Titel	Einführung in die System-Medizin – Mit Big Data gegen Krebs und Volkskrankheiten
Sigle	InfB-ESM
Qualifikationsziele	Die Studierenden beherrschen systemmedizinische Analysemethoden für komplexe Erkrankungen. Sie können OMICS-Technologien sowie Konzepte der Präzisionsmedizin bewerten und anwenden. Dies befähigt sie, geeignete informatische Methoden zur Patientenklassifikation auszuwählen, datengetriebene Behandlungsstrategien zu entwickeln und innovative Forschungshypothesen zu generieren.
Inhalte	Das Modul vermittelt den Übergang von der Systembiologie zur Systemmedizin mit Fokus auf bioinformatische Analysen großer Datensätze. In praktischen Übungen werden Lösungen für reale Datenprobleme erarbeitet. Zentrale Schwerpunkte: OMICS-Daten, Präzisionsmedizin, Biostatistik, Netzwerk-Medizin und Pathomechanismen. Zusätzlich: Patientenstratifizierung, Subtypisierung sowie Biomarker- und Drug-Target- Discovery.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Einführung in die System-Medizin – Mit Big Data gegen Krebs und Volkskrankheiten: 2 SWS Übungen Einführung in die System-Medizin – Mit Big Data gegen Krebs und Volkskrankheiten: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und/oder englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: 51 LP, InfB-PfN1, InfB-PfN2 Empfohlen: InfB-AD, Kenntnisse in Python und/oder R
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; die Teilnahme gilt grundsätzlich als erfolgreich, wenn alle Aufgaben bearbeitet und mindestens 50 % richtig gelöst wurden; im Falle abweichender Kriterien werden diese vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; in der Regel schriftlich (Klausur, Dauer 90 Minuten) und in der Unterrichtssprache. Abweichend ist eine mündliche Prüfung möglich. Die Prüfungsart wird vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Einführung in die System-Medizin – Mit Big Data gegen Krebs und Volkskrankheiten: 3 LP Übungen Einführung in die System-Medizin – Mit Big Data gegen Krebs und Volkskrankheiten: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 1 Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 1 empfohlenes Semester: 5
Titel	Hochleistungsrechnen
Sigle	InfB-HLR
Qualifikationsziele	Die Studierenden verstehen die Grundlagen des Hochleistungsrechnens und sind in der Lage, parallele Programme für verschiedene Zielarchitekturen zu erstellen. Hierzu gehören die Kenntnis verschiedener Parallelisierungskonzepte und das Wissen über eine erfolgreiche Fehlersuche und Leistungsoptimierung der Programme. Weiterhin haben die Studierenden erlernt, wie effizient mit den großen Datenmengen operiert wird, die beim Hochleistungsrechnen eine Rolle spielen.
Inhalte	Die Vorlesung orientiert sich an den Abstraktionsebenen in einem Hochleistungsrechnensystem. Ausgangspunkt sind Betrachtungen zur Hardware und hier besonders zu den Architekturkonzepten von Parallelrechnern, zur Betriebssystemtechnik, der parallelen Eingabe/Ausgabe und der Vernetzung. Der nächste Abschnitt behandelt ausführlich die Programmierung dieser Systeme. Die Paradigmen des Nachrichtenaustauschs und der Verwendung gemeinsamen Speichers werden im Detail diskutiert und zu anderen Ansätzen in Beziehung gesetzt. Ausgehend vom lauffähigen Programm folgt die Befassung mit Techniken und Werkzeugen zur Fehlersuche und zur Leistungsoptimierung. Eine Darstellung aktueller Forschungsfragen auf dem Gebiet des Hochleistungsrechnens bildet den Abschluss der Referatsthemen.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Hochleistungsrechnen: 4 SWS Übungen Hochleistungsrechnen: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und gegebenenfalls englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: InfB-PfN1 Empfohlen: InfB-PfN2
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; die Teilnahme gilt grundsätzlich als erfolgreich, wenn alle Aufgaben bearbeitet und mindestens 50 % richtig gelöst wurden; im Falle abweichender Kriterien werden diese vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; in der Regel schriftlich (Klausur, Dauer 90 Minuten) und in der Unterrichtssprache. Abweichend ist eine mündliche Prüfung möglich. Die Prüfungsart wird vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilen	Vorlesung Hochleistungsrechnen: 6 LP Übungen Hochleistungsrechnen: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	9 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 1 Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 1 empfohlenes Semester: 6
Titel	Informatikgestützte Gestaltung und Modellierung von Organisationen
Sigle	InfB-IGMO
Qualifikationsziele	Die Studierenden besitzen folgende, für die Informatik insgesamt grundlegenden Kernkompetenzen: • Denken in Systemen, Prozessen und Netzwerken • Organisationstheoretische, wirtschafts- und sozialwissenschaftliche sowie informatorische Kompetenzen zur verzahnten Software- und Organisationsentwicklung • Modellierungskompetenz zur Analyse und Abbildung von Abläufen in komplexen dynamischen Systemen
Inhalte	Das Modul versteht sich als Teil einer anwendungsorientierten Informatik, indem es eine Brücke zu Anwendungsgebieten und zu interdisziplinär angelegten Nutzungskontexten schlägt. Es dient dazu, organisatorische Systeme mit Hilfe interdisziplinärer Methoden und Modelle zu analysieren und angepasste konstruktive Informatiklösungen zu entwerfen. Auf der Basis komplexer systemdynamischer Modellierungen und fundierter wirtschafts- und sozialwissenschaftlicher Erkenntnisse sollen Informatiksysteme in organisatorischen Kontexten, auch hinsichtlich ihrer Wirkungen, begriffen und gestaltet werden. In der Praxis sind hierbei verschiedene Modellierungsmethoden üblich; neuere Modellierungsmethoden werden entwickelt und setzen sich auch in der Praxis Schritt für Schritt durch. Daher werden die jeweils im Modul exemplarisch behandelten Modellierungsmethoden für organisatorische Systeme bewusst offengehalten, um Zukunftsentwicklungen zügig aufnehmen zu können. Konzeptuelle Systemmodellierung kann etwa anhand der Geschäftsprozessmodellierung gelehrt werden, welche zum Beispiel auf Basis der Unified Modeling Language (UML), der Business Process Model and Notation (BPMN) 2.0 oder von ereignisgesteuerten Prozessketten (EPKs) durchgeführt wird. Aufbauend darauf hängen die im Modul verwendeten Analysetechniken und -werkzeuge von der Wahl der Modellierungsmethode ab; das Spektrum möglicher Ansätze reicht von rein graphischer Analyse über Methoden zur Informationsfluss-, Kennzahlen- und Engpassermittlung bis zur ereignisdiskreten Prozesssimulation. Diese Modellierungssicht auf Organisationen wird durch weitere Perspektiven und Ansätze ergänzt: Grundlagen von komplexen, soziotechnischen Systemen, wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Organisationstheorien, die Rolle der IT in Organisationen, Prozessmanagement, Entwicklung, Auswahl, Anpassung und Einführung von Standardsystemen, Grundlagen und Aufgaben der IT-Governance und Projektportfoliomanagement-Modelle.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Informatikgestützte Gestaltung und Modellierung von Organisationen: 4 SWS Übungen Informatikgestützte Gestaltung und Modellierung von Organisationen: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und/oder englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: 51 LP, InfB-PfN1, InfB-PfN2 Empfohlen: keine

Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; die Teilnahme gilt grundsätzlich als erfolgreich, wenn alle Aufgaben bearbeitet und mindestens 50 % richtig gelöst wurden; im Falle abweichender Kriterien werden diese vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; in der Regel schriftlich (Klausur) und in der Unterrichtssprache. Abweichend ist eine mündliche Prüfung möglich. Die Prüfungsart wird vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Informatikgestützte Gestaltung und Modellierung von Organisationen: 6 LP Übungen Informatikgestützte Gestaltung und Modellierung von Organisationen: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	9 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 1 Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 1 empfohlenes Semester: 6
Titel	Moderne Betriebssysteme
Sigle	InfB-MOBS
Qualifikationsziele	Die Studierenden verstehen die Aufgaben und die Funktionsweise von modernen Betriebssystemen. Ihnen sind die besonderen Herausforderungen und Lösungen von verteilten Betriebssystemen bekannt. Die Studierenden verstehen den Aufbau eines Betriebssystems und können dieses Betriebssystem um verschiedene Bestandteile erweitern. Sie können das Zusammenspiel zwischen Betriebssystem und Hardware anhand von praktischen Beispielen implementieren.
Inhalte	Diese Vorlesung bietet einen Einblick in die Aufgaben und Funktionsweisen von Betriebssystemen im Allgemeinen und geht auf die Besonderheiten einzelner Betriebssysteme ein. Dabei werden die Inhalte an praktischen Beispielen verdeutlicht und in Programmierbeispielen und -übungen eigenständig erfahrbar gemacht. Neben den klassischen Themen der Betriebssystemlehre behandelt der Kurs fortgeschrittenere Inhalte wie Virtualisierung, verteilte Betriebssysteme und das Thema Middleware. Auch das Thema Cloud Computing wird in diesem Rahmen behandelt. Der Kurs umfasst in der Regel die folgenden Bereiche: • Prozesse und Threads • CPU-Scheduling • Nebenläufigkeit • Speichermanagement • Dateisysteme • Geräteverwaltung • Virtualisierung • Middleware • Synchronisation und Kommunikation • Cloud Computing In der begleitenden Übung werden anhand eines fortlaufenden Projektes die Inhalte der Vorlesung wiederholt und angewandt. Dabei werden verschiedene Bestandteile eines Betriebssystems implementiert. Das Betriebssystem wird dabei auf einer emulierten Hardware ausgeführt und kann so ohne Auswirkungen auf das physikalische Gerät oder das tatsächliche Betriebssystem manipuliert werden. Die Übungen werden dabei in der Programmiersprache C durchgeführt.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Moderne Betriebssysteme: 3 SWS Übungen Moderne Betriebssysteme: 1 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und/oder englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: InfB-PfN1, InfB-RSB
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; die Teilnahme gilt grundsätzlich als erfolgreich, wenn alle Aufgaben bearbeitet und mindestens 50 % richtig gelöst wurden; im Falle abweichender Kriterien werden diese vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben.

	Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; in der Regel schriftlich (Klausur) und in der Unterrichtssprache. Abweichend ist eine mündliche Prüfung möglich. Die Prüfungsart wird vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Moderne Betriebssysteme: 3 LP Übungen Moderne Betriebssysteme: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 1 Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 1 empfohlenes Semester: 5
Titel	Einführung in Natural Language Processing und Text Mining
Sigle	InfB-NLPTM
Qualifikationsziele	• Die Studierenden kennen Grundbegriffe des Natural Language • Processing und des Text Minings. • Die Studierenden haben theoretische und anwendungsorientierte Kenntnisse zu verschiedenen Verfahren des Text Minings und der automatischen Verarbeitung von Text, sowie zu deren Evaluation. • Die Studierenden verstehen verschiedene Methoden des maschinellen Lernens für Textdaten. • Die Studierenden können effektiv zu NLP und Text Mining konversieren. • Die Studierenden sind in der Lage, die Ergebnisse von Text-Mining-Verfahren kritisch zu reflektieren.
Inhalte	In Zeiten generativer künstlicher Intelligenz gewinnt die computer-gestützte Verarbeitung, Analyse und Erzeugung von Text zunehmend an Bedeutung. Der größte Teil des Weltwissens ist in digital verfügbaren Texten beschrieben. Diese Texte stellen einen bedeutsamen Wissensrohstoff dar, doch wie kann dieses Wissen extrahiert werden? Dieses Modul bietet einen allgemeinen Überblick über Konzepte und Methoden im Zusammenhang mit modernen Verfahren des Natural Language Processing und des Text Mining. Die Vorlesung umfasst fünf Hauptthemen: • Text als Wissensrohstoff • Linguistische Repräsentationen und Sprachdaten • Maschinelle Verarbeitung von Text • Maschinelle Lernmethoden für Sprachdaten: Clustering, Klassifikation, Repräsentationslernen • Beispielanwendungen Die begleitenden Übungen konzentrieren sich darauf, das Verständnis der Teilnehmenden für die theoretischen Konzepte mit Praxisbeispielen zu vertiefen.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Einführung in Natural Language Processing und Text Mining: 2 SWS Übungen Einführung in Natural Language Processing und Text Mining: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und/oder englischsprachigem Lehrmaterial (Vorlesung) bzw. Deutsch und/oder Englisch (Übungen)
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: MATH1-CiS Empfohlen: InfB-PfN1, MATH2-CiS, MATH-Inf/STO1
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Regelmäßige, aktive und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; die Teilnahme gilt grundsätzlich als erfolgreich, wenn mindestens 50 % richtig gelöst wurden; im Falle abweichender Kriterien werden diese vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; in der Regel schriftlich (Klausur) und in der Unterrichtssprache. Abweichend ist eine mündliche Prüfung möglich. Die Prüfungsart wird vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben.

	Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Einführung in Natural Language Processing und Text Mining: 3 LP Übungen Einführung in Natural Language Processing und Text Mining: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 1 Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 1 empfohlenes Semester: 6
Titel	Philosophie, Gesellschaft und IT
Sigle	InfB-PGIT
Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen Methoden und Theorien zur kritischen Reflexion über die erkenntnistheoretischen, ethischen, politischen und gesellschaftlichen Voraussetzungen und Konsequenzen von IT sowie Grundlagen verschiedener relevanter philosophischer Teildisziplinen (Computerethik, Erkenntnistheorie, etc.). Sie können Erkenntnisse aus diesem Modul auf neue Fragen anwenden, welche sich durch die Entwicklung oder Nutzung von IT ergeben.
Inhalte	• Einführung in IT-relevante Grundlagen philosophischer Teildisziplinen, wie der Computer- und Informationsethik, der Wissenschafts- und Erkenntnistheorie, der Technikphilosophie, etc. • Anwendung dieser Erkenntnisse auf Fragestellungen in folgenden Kontexten: Big Data, Robotik, Überwachung, Privatsphäre und Sicherheit, informationelle Kriegsführung, etc.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Philosophie, Gesellschaft und IT: 2 SWS Seminar Philosophie, Gesellschaft und IT: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch mit englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: Keine
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Die Zulassung zur Modulprüfung setzt die aktive Teilnahme am Seminar voraus. Modulprüfung und -sprache: Die Modulprüfung findet in Form eines Referats (20 %) und einer mündlichen Prüfung (80 %) in der Unterrichtssprache statt. Abweichungen werden vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Philosophie, Gesellschaft und IT: 3 LP Seminar Philosophie, Gesellschaft und IT: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 1 Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 1 empfohlenes Semester: 5
Titel	Rechnerstrukturen und Betriebssysteme
Sigle	InfB-RSB
Qualifikationsziele	Die Studierenden verfügen über einen Überblick über die Grundlagen der hardwaretechnischen Realisierung von Rechen- und Kommunikationssystemen. Sie besitzen ebenso ein Grundverständnis der Betriebssysteme mit ihren Konzepten und Mechanismen. Die Studierenden sind in der Lage, unterschiedliche Rechnerarchitekturen im Hinblick auf ihre Funktionsweise und ihre Leistungsmerkmale zu analysieren und zu bewerten und die Konzepte der unterschiedlichen Betriebssysteme einzuordnen. Sie verfügen durch den Umgang mit den Komponenten einer Rechnerarchitektur im Praktikum über ein vertieftes technisches Grundverständnis für Rechnerstrukturen.
Inhalte	Dieses Modul behandelt im Rahmen der Vorlesung ein begrenztes und wohl ausgewähltes Theorie- und Methodenrepertoire für die Konfigurierung, den Entwurf, die Realisierung, und die angemessene Nutzung von Rechnern unter Berücksichtigung ihrer Basiskomponenten und der eingesetzten Betriebssysteme. Hierbei finden technologische, ökonomische und anwendungsspezifische Randbedingungen Berücksichtigung. Der Vorlesungsstoff dieser Lehreinheit wird in Übungen durch Beispiele ergänzt, um das Verstehen der grundlegenden Konzepte, Organisationsformen und Entwurfsmethoden von Rechnersystemen und deren Vernetzung, einschließlich der Betriebs(system)-software, durch die eigenständige Beschäftigung mit den Inhalten besser zu verankern. Darüber hinaus wird das technische Grundverständnis für Rechnerstrukturen durch ein Praktikum exemplarisch vertieft, welches auf dem Prinzip "learning by doing" aufbaut und den Studierenden den Umgang mit den Komponenten einer Rechnerarchitektur ermöglicht.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Rechnerstrukturen und Betriebssysteme: 4 SWS Übungen Rechnerstrukturen und Betriebssysteme: 1 SWS Praktikum Rechnerstrukturen und Betriebssysteme: 1 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und gegebenenfalls englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: Keine
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen und am Praktikum; die Teilnahme gilt grundsätzlich als erfolgreich, wenn alle Aufgaben bearbeitet und mindestens 50 % richtig gelöst wurden; im Falle abweichender Kriterien werden diese vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; in der Regel schriftlich (Klausur) und in der Unterrichtssprache. Abweichend ist eine mündliche Prüfung möglich. Die Prüfungsart wird vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.

Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Rechnerstrukturen und Betriebssysteme: 6 LP Übungen Rechnerstrukturen und Betriebssysteme: 1,5 LP Praktikum Rechnerstrukturen und Betriebssysteme: 1,5 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	9 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 1 Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 1 empfohlenes Semester: 5
Titel	Software Engineering – Einführung
Sigle	InfB-SEE
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben ein Verständnis für die Herausforderungen, die bei der Entwicklung großer Software-Systeme auftreten, und kennen Konzepte und Methoden des Software Engineering (dt. Softwaretechnik), um diesen Herausforderungen ingenieurmäßig zu begegnen. Die Studierenden haben ein Verständnis für die Wichtigkeit von Softwarequalität, können organisatorische, analytische und konstruktive Verfahren zur Qualitätssicherung im Software Engineering einordnen und können ausgewählte Verfahren anwenden. Dies umfasst vor allem Kenntnisse über die Kollaboration und die Tätigkeiten bei der Entwicklung größerer Software-Systeme, die über die Implementierung hinausgehen.
Inhalte	• Notwendigkeit des ingenieurmäßigen Vorgehens bei der • Entwicklung größerer Software-Systeme; Begriff des Software Engineering • Qualitätsziele und Qualitätssicherung für Software • Vorgehensmodelle • Anforderungsanalyse und Softwarearchitektur • Modellierung mit UML • Reviews, Testen, statische Analyse • Weitere ausgewählte konstruktive Verfahren, z.B. Konfigurationsmanagement, Modellgetriebene Softwareentwicklung
Lehr- und Lernformen	Vorlesung mit integrierter Übung Software Engineering – Einführung: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und gegebenenfalls englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: InfB-PfN1, InfB-PfN2
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Modulprüfung in der Regel schriftlich (Klausur, Dauer 60 Minuten) und in der Unterrichtssprache. Abweichend ist eine mündliche Prüfung möglich. Die Prüfungsart wird vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung mit integrierter Übung Software Engineering – Einführung: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	3 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 1 Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 1 empfohlenes Semester: 6
Titel	Softwareentwurf
Sigle	InfB-SEW
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben ein Verständnis für die Herausforderungen, die bei der Entwicklung großer Software-Systeme auftreten, und kennen Konzepte und Methoden der Softwaretechnik, um solche Systeme zu entwickeln. Die Studierenden besitzen Grundkenntnisse der Entwicklung größerer, interaktiver Software-Systeme und können diese in den Zusammenhang von softwaretechnischen Aktivitäten wie Anforderungsermittlung, Software- und System-Entwurf, Architekturentscheidungen und Implementierung sowie Qualitätsmanagement einbetten.
Inhalte	• Entwurfs- und Modellierungsmethoden, z.B. UML und Domain-Driven Design • Entwurfs- und Implementierungsprinzipien für Umsetzung von Qualitätszielen, z.B. Muster, Clean Code und testgetriebene Entwicklung • Implementierungsprinzipien für Umsetzung von Entwürfen, z.B. Web-basierte Systeme • Techniken und Prinzipien der objektorientierten Softwareentwicklung • Methoden und Werkzeuge der evolutionären Software-System-Entwicklung, wie Refactoring
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Softwareentwurf: 2 SWS Übungen Softwareentwurf: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und gegebenenfalls englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: InfB-PfN1, InfB-PfN2 Empfohlen: InfB-SEE
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; die Teilnahme gilt grundsätzlich als erfolgreich, wenn alle Aufgaben bearbeitet und mindestens 50 % richtig gelöst wurden; im Falle abweichender Kriterien werden diese vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; in der Regel schriftlich (Klausur, Dauer 90 Minuten) und in der Unterrichtssprache. Abweichend ist eine mündliche Prüfung möglich. Die Prüfungsart wird vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Softwareentwurf: 3 LP Übungen Softwareentwurf: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP

Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

2. Module der Lehreinheit Bioinformatik

Modultyp	Pflicht Informatik, empfohlenes Semester: 6
Titel	Abschlussmodul B.Sc. Computing in Science
Sigle	InfB-BA/CiS
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben die Fähigkeit zur selbstständigen Bearbeitung einer komplexen Fragestellung sowie zur selbstständigen Anwendung des Theorie- und Methodenwissens der Informatik auf naturwissenschaftliche Fragestellungen erlangt. Sie besitzen vertiefte Problemlösungskompetenz sowie die Fähigkeit zum Transfer des Theorie- und Methodenwissens der Informatik in naturwissenschaftliche Anwendungsbereiche und zur Bewertung und Einordnung der eigenen Arbeit. Sie haben die Fähigkeit zur Darstellung, Bewertung und Diskussion der Lösungsansätze zum Thema der Bachelorarbeit in schriftlicher und mündlicher Form erlangt.
Inhalte	Die Bachelorarbeit dient dazu, die Fähigkeit der Studierenden zu formen und zu beurteilen, eine komplexe naturwissenschaftlich-informatische Problemstellung selbstständig unter Anwendung des Theorie- und Methodenwissens der Informatik zu bearbeiten und gemäß wissenschaftlichen Standards zu dokumentieren. Das Thema der Arbeit sollte die Anwendung, Weiterentwicklung, Implementierung und/oder Validierung einer informatischen Methode umfassen. Die Bearbeitung erfolgt in der Regel in folgenden Phasen: • Einarbeitung in die Thematik und in den aktuellen Stand der Technik/Forschung, • Erarbeitung/Auswahl der Methoden und Techniken zur Problemlösung, • Entwicklung eines Lösungskonzeptes, • Implementierung/Realisierung des eigenen Konzeptes/Ansatzes, • Validierung und Bewertung der Ergebnisse, • Darstellung der Ergebnisse in schriftlicher Form und als Referat mit anschließender Diskussion.
Lehr- und Lernformen	Bachelorarbeit und Präsentation in einem Kolloquium: keine Lehrveranstaltung, daher keine SWS. Zur Dauer siehe § 14 der Prüfungsordnung der Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften für Studiengänge mit dem Abschluss Bachelor of Science sowie die Fachspezifischen Bestimmungen zu § 14 (Bachelorarbeit).
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und gegebenenfalls englischsprachigem Lehrmaterial und/oder Englisch mit englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Siehe unter I. Ergänzende Regelungen zu § 14 (Bachelorarbeit) der Fachspezifischen Bestimmungen für den Bachelorstudiengang Computing in Science Empfohlen: Keine
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Bachelorarbeit (90 %, i.d.R. 20-40 Seiten ohne Anhänge) und Kolloquium (10 %).

	Näheres zur Modulprüfung regelt § 14 der Prüfungsordnung der Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften für Studiengänge mit dem Abschluss "Bachelor of Science" sowie die Fachspezifischen Bestimmungen zu § 14 (Bachelorarbeit). Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Bachelorarbeit und Kolloquium: 12 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	12 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Jedes Semester

Modultyp	Pflicht Informatik, empfohlenes Semester: 1
Titel	Programmierung für Naturwissenschaften 1
Sigle	InfB-PfN1
Qualifikationsziele	Die Studierenden sind sicher im Umgang mit dem Linux Betriebssystem. Sie haben den Umgang mit Entwicklungswerkzeugen wie Editoren und Interpretern erlernt. Die Studierenden beherrschen die wichtigsten Konzepte imperativer und objektorientierter Programmierung. Sie kennen grundlegende Abstraktionstechniken der Programmierung. Sie können grundlegende Algorithmen und Datenstrukturen flexibel in Programmen gängiger Programmiersprachen umsetzen. Sie haben gelernt, dass ein reproduzierbarer Softwaretest ein essentieller Bestandteil der Softwareentwicklung ist. Die Studierenden können grundlegende Überlegungen zur Effizienz ihrer Programme anstellen. Sie sind in der Lage, Softwarelösungen für kleinere Probleme, basierend auf grundlegenden Datenstrukturen und Programmiertechniken, eigenständig und strukturiert zu entwickeln.
Inhalte	Dieses Modul führt in die grundlegenden Konzepte und Methoden der imperativen und objektorientierten Programmierung ein. Dabei wird besonderer Wert auf Anwendungsbeispiele aus den Naturwissenschaften gelegt. In der Vorlesung werden die wichtigsten Konzepte, Notationen und Techniken der Skriptsprache Python eingeführt. Die Einführung erfolgt jeweils anhand von konkreten Problemen aus dem naturwissenschaftlichen Bereich und den hierfür relevanten Algorithmen und Datenstrukturen. In den Übungen wenden die Studierenden die vorgestellten Techniken an, in dem sie eigenständig, meist auf der Basis konkreter Spezifikationen von Algorithmen und Datenstrukturen Programme entwickeln und diese an vorgegebenen Daten testen. Sowohl in den Vorlesungen als auch in den Übungen wird die Effizienz der eingesetzten Algorithmen und Datenstrukturen betrachtet. Im weiteren Verlauf der Vorlesung werden wichtige Software-Bibliotheken in Python, wie numpy oder matplotlib vorgestellt und in umfangreichen Fallstudien aus dem naturwissenschaftlichen Bereich angewendet.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Programmierung für Naturwissenschaften 1: 2 SWS Übungen Programmierung für Naturwissenschaften 1: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und gegebenenfalls englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: Keine
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; die Teilnahme gilt grundsätzlich als erfolgreich, wenn mindestens 50 % der Punkte für die Übungen erreicht und mehrmals in den Übungen eine Lösung vorgestellt wurde; im Falle abweichender Kriterien werden diese vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; schriftlich (Klausur, Dauer 90 Minuten) in der Unterrichtssprache. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.

Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Programmierung für Naturwissenschaften 1: 3 LP Übungen Programmierung für Naturwissenschaften 1: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Pflicht Informatik, empfohlenes Semester: 2/4
Titel	Programmierung für Naturwissenschaften 2
Sigle	InfB-PfN2
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben den Umgang mit Compilern, Debuggern und verteilten Systemen zur Verwaltung von Dateien erlernt. Die Studierenden beherrschen die Konzepte imperativer und objektorientierter Programmierung. Sie kennen Abstraktionstechniken der Programmierung. Sie können verschiedene Algorithmen und Datenstrukturen flexibel in Programme gängiger Programmiersprachen umsetzen. Sie haben Techniken der Qualitätssicherung von Software angewendet. Die Studierenden verfügen über praktische Fähigkeiten zur Softwareentwicklung unter Gesichtspunkten der Zeit- und Speichereffizienz. Sie kennen Konzepte zur Entwicklung von Software für primär naturwissenschaftliche Probleme mit hohem Ressourcenbedarf. Die Studierenden können Überlegungen zur Effizienz ihrer Programme anstellen. Sie sind in der Lage, Softwarelösungen für naturwissenschaftliche Fragestellungen eigenständig zu planen und strukturiert zu entwickeln.
Inhalte	In der Informatik-Ausbildung steht die Entwicklung komplexer Softwaresysteme heute im Vordergrund. Während dies für die meisten Anwendungsfelder der Informatik den praktischen Anforderungen entspricht, treten bei der Lösung naturwissenschaftlicher Fragestellungen häufig andere Aspekte der Programmierung in den Vordergrund. Ziel dieser Veranstaltung ist es, genau diese Aspekte zu betrachten und so Programmierpraxis für das Lösen naturwissenschaftlicher Probleme zu erlangen. Die Kernthemen, die anhand von Beispielproblemen und Programmen in C/C++ sowie gängigen Skriptsprachen (z.B. R) betrachtet werden, sind z.B.: a) Praktische Laufzeiteffizienz b) Praktische Speichereffizienz c) Testen und Fehlerbehandlung d) Numerische Integration e) Effiziente Matrixmultiplikationsmethoden f) Monte Carlo Simulationen g) Multithreading und Parallelität
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Programmierung für Naturwissenschaften 2: 2 SWS Übungen Programmierung für Naturwissenschaften 2: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und gegebenenfalls englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: InfB-PfN1
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; die Teilnahme gilt grundsätzlich als erfolgreich, wenn alle Aufgaben bearbeitet und mindestens 50 % richtig gelöst wurden sowie mehrmals in den Übungen eine Lösung vorgestellt wurde; im Falle abweichender Kriterien werden diese vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; schriftlich (Klausur, Dauer 90 Minuten) in der Unterrichtssprache. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.

Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Programmierung für Naturwissenschaften 2: 3 LP Übungen Programmierung für Naturwissenschaften 2: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Pflicht Informatik, empfohlenes Semester: 4
Titel	Data Science in Python und R
Sigle	InfB-DSPR
Qualifikationsziele	Die Studierenden beherrschen grundlegende und fortgeschrittene Methoden der datengetriebenen Analyse in R und Python. Sie sind sicher im Umgang mit gängigen Data-Science-Bibliotheken. Die Studierenden verstehen die theoretischen Grundlagen explorativer Datenanalyse, Dimensionsreduktion, Clustering, statistischer Hypothesentests sowie überwachter Lernverfahren. Sie können komplexe numerische Datensätze analysieren, visualisieren und interpretieren. Sie kennen Konzepte der Modellvalidierung und Performance-Metriken und können deren Bedeutung für die Güte prädiktiver Modelle bewerten. Sie sind mit Prinzipien der Reproduzierbarkeit, Containerisierung und Versionskontrolle in der Datenanalyse vertraut. Die Studierenden sind in der Lage, interaktive Webanwendungen zur Darstellung und Analyse wissenschaftlicher Daten zu entwerfen.
Inhalte	Dieses Modul führt in die zentralen Konzepte, Methoden und Werkzeuge der Data Science ein, mit besonderem Fokus auf Anwendungen in den Naturwissenschaften und der Bioinformatik. Im Zentrum stehen datengetriebene Analyseverfahren, explorative Datenanalyse, statistische Modellierung und maschinelles Lernen. Nach einer Einführung in statistisches Programmieren mit R und Grundlagen der linearen Algebra und Statistik werden moderne Techniken der Datenmanipulation und -visualisierung mit tidyverse, numpy, pandas und ggplot2 behandelt. Darauf aufbauend folgt die explorative Analyse numerischer Datensätze durch Korrelationsanalysen, Dimensionsreduktion (z.B. PCA, t-SNE, UMAP) und unüberwachtes Clustering (z.B. hierarchisch, k-Means). Im zweiten Teil der Vorlesung liegt der Schwerpunkt auf Modelltraining, Validierung und Performanz-Bewertung. Es werden klassische Klassifikationsverfahren wie Entscheidungsbäume, Random Forests und Boosting sowie Feature-Interpretierbarkeit vermittelt und ihre Anwendung im Bereich der Bioinformatik. Abschließend behandelt das Modul Tools zur Entwicklung interaktiver Web-Anwendungen für wissenschaftliche Datenanalysen mit Shiny, Bokeh und Django, sowie Prinzipien der Software-Containerisierung (z.B. mit Docker) zur Reproduzierbarkeit von Data-Science-Workflows.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Data Science in Python und R: 2 SWS Übungen Data Science in Python und R: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch mit deutsch- und gegebenenfalls englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: InfB-PfN1 Empfohlen: Keine
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; die Teilnahme gilt grundsätzlich als erfolgreich, wenn mindestens 50 % der Punkte in den Übungsaufgaben erreicht und mehrmals in den Übungen eine Lösung vorgestellt wurde; im Falle abweichender Kriterien werden diese vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben.

	Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; schriftlich (Klausur, Dauer 90 Minuten) in der Unterrichtssprache. Abweichend ist eine mündliche Prüfung möglich. Die Prüfungsart wird vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Data Science in Python und R: 3 LP Übungen Data Science in Python und R: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Pflicht, empfohlenes Semester: 5
Titel	Projekt CiS-Biochemie
Sigle	InfB-Proj/CiS/BC
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben das selbstständige Erarbeiten einer wissenschaftlichen Fragestellung im Themengebiet des Projekts erlernt. Sie besitzen praktische Fähigkeiten zur Konzeption, Planung und Realisierung eines Projekts zur Lösung einer größeren wissenschaftlichen Aufgabe und beherrschen den Umgang mit Software im Themengebiet des Projekts. Sie haben die Durchführung naturwissenschaftlich-orientierter Softwareentwicklung (Modellierung, Software-Design, Implementierung) im Team trainiert.
Inhalte	Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines größeren Softwaresystems zur Lösung eines vorgegebenen wissenschaftlichen Problems aus der Bio-/Chemieinformatik. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die computergerechte Modellierung der wissenschaftlichen Fragestellung und auf eine strukturierte Vorgehensweise bei der Softwareentwicklung gelegt. Neben der eigentlichen Implementierung werden zentrale Entwicklungsdokumente, wie z.B. Quellcode- und Software-Dokumentation, erstellt. Die resultierende Software wird im Rahmen einer Abschlussveranstaltung präsentiert.
Lehr- und Lernformen	Projekt CiS-Biochemie: 4 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und gegebenenfalls englischsprachigem Lehrmaterial und/oder Englisch mit englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: Keine
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Die Zulassung zur Modulprüfung setzt die aktive Teilnahme an dem Projekt, eine kontinuierliche Beteiligung sowie eine erfolgreiche Projektmitarbeit voraus. Die Bedingungen für eine erfolgreiche Teilnahme werden in der ersten Übung bekannt gegeben. Modulprüfung und -sprache: Die Modulprüfung Projektabschluss findet in Form eines Abschlussberichts (in der Regel insgesamt 15-60 Seiten) sowie eines Vortrags der Projektteilnehmenden (in der Regel 15-40 Minuten) mit anschließender Diskussion, jeweils in der Unterrichtssprache, mit einer Gesamtnote (100%) statt. Abweichungen werden vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Projekt CiS-Biochemie: 6 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Pflicht, empfohlenes Semester: 1
Titel	Proseminar CiS-Biochemie
Sigle	InfB-Pros/CiS/BC
Qualifikationsziele	Die Studierenden können aktuelle Forschungsthemen an der Schnittstelle von Informatik und Lebenswissenschaften beschreiben und die praktische Relevanz computergestützter Methoden in den Lebenswissenschaften beispielhaft erklären. Sie sind in der Lage, sich unter Betreuung der Lehrenden in ein klar definiertes wissenschaftliches Thema einzuarbeiten, dieses zielgruppengerecht aufzubereiten, angemessen zu präsentieren und im Plenum zu diskutieren.
Inhalte	Das Proseminar vermittelt einen einführenden Überblick über aktuelle Forschung an der Schnittstelle von Informatik und Lebenswissenschaften. Im ersten Teil des Proseminars lernen die Studierenden die praktische Relevanz computergestützter Methoden in den Lebenswissenschaften kennen, wahlweise durch Exkursionen zu lokalen Forschungseinrichtungen und Life-Science-Unternehmen oder durch praxisnahe Gastvorträge. Dabei erhalten sie Einblicke in konkrete Berufsfelder und sehen, wie computergestützte Methoden in der modernen lebenswissenschaftlichen Forschung (z.B. bei der Hochdurchsatzsequenzierung, der Bestimmung von Proteinstrukturen oder der Medikamentenentwicklung) eingesetzt werden. Die Vorstellungen sind speziell auf das Vorwissen von Studierenden am Anfang des Studiums zugeschnitten. Der zweite Teil des Proseminars fokussiert sich auf die Erarbeitung und Präsentation aktueller wissenschaftlicher Themen aus den Bereichen Life Sciences und Informatik, jeweils mit einem Fokus auf den Anwendungsaspekt. Dabei werden die Themen so gestellt, dass nur wenig Vorwissen notwendig ist.
Lehr- und Lernformen	Proseminar CiS-Biochemie: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und gegebenenfalls englischsprachigem Lehrmaterial und/oder Englisch mit englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: Keine
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Die Modulprüfung findet in Form eines Referats in der Unterrichtssprache statt. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Proseminar CiS-Biochemie: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	3 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Pflicht, empfohlenes Semester: 5
Titel	Seminar CiS-Biochemie
Sigle	InfB-Sem/CiS/BC
Qualifikationsziele	Die Studierenden besitzen vertiefende, aktuelle Fachkenntnisse im Themengebiet des Seminars, die Fähigkeit zum selbstständigen Erarbeiten von wissenschaftlichen Sachverhalten auf der Basis von Originalpublikationen sowie die Fähigkeit zur Erstellung und Präsentation wissenschaftlicher Sachverhalte in mündlicher und schriftlicher Form.
Inhalte	In dem Seminar werden Themen der Bioinformatik auf der Basis aktueller wissenschaftlicher Publikationen in der Tiefe behandelt. Ein zugeordnetes Thema wird selbstständig auf der Basis von Originalliteratur erarbeitet und im Rahmen eines Referats und einer schriftlichen Seminararbeit präsentiert.
Lehr- und Lernformen	Seminar CiS-Biochemie: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und gegebenenfalls englischsprachigem Lehrmaterial und/oder Englisch mit englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: Keine
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Die Modulprüfung findet in Form eines Referats mit einer schriftlichen Ausarbeitung in der Unterrichtssprache mit einer Gesamtnote (100 %) statt. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Seminar CiS-Biochemie: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	3 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflichtbereich 3 Grundlagen Bioinformatik empfohlenes Semester: 5
Titel	Grundlagen der Chemieinformatik
Sigle	MBI-GCI
Qualifikationsziele	Die Studierenden können erkennen, welche Probleme beim Umgang mit chemischen Strukturen im Computer entstehen und kennen Modelle und Algorithmen, um diese zu beherrschen. Sie haben grundlegende Verfahren aus der Chemieinformatik in Theorie und Anwendung erlernt und sind in der Lage, diese zur Entwicklung neuartiger Lösungswege einzusetzen.
Inhalte	Informatik-Methoden treten in vielfältigen Fragestellungen der Chemie auf. Beim Einsatz von Informatik ist dabei ein besonderes Augenmerk auf die Modellierung chemischer Sachverhalte zu legen. In diesem Modul werden grundlegende Techniken der Chemieinformatik behandelt. Dabei werden gleichermaßen die Problemmodellierung und die algorithmische Lösung betrachtet. Das Modul gliedert sich in die Schwerpunkte: • Die Modellierung chemischer Strukturen • Graphalgorithmische Fragestellungen auf chemischen Strukturen • Charakterisierung molekularer Ähnlichkeit • Räumliche Strukturmodelle und Grundlagen des molekularen Modellings
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Grundlagen der Chemieinformatik: 2 SWS Übungen Grundlagen der Chemieinformatik: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und gegebenenfalls englischsprachigem Lehrmaterial oder Englisch mit englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: Keine
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen. Die Bedingungen für eine erfolgreiche Teilnahme werden in der ersten Übung bekannt gegeben. Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; schriftlich (Klausur, Dauer 90 Minuten) in der Unterrichtssprache. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Grundlagen der Chemieinformatik: 3 LP Übungen Grundlagen der Chemieinformatik: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflichtbereich 3 Grundlagen Bioinformatik empfohlenes Semester: 5
Titel	Grundlagen der Sequenzanalyse
Sigle	MBI-GSA
Qualifikationsziele	Die Studierenden wissen, wie man grundlegende Probleme bei der computergestützten Analyse biologischer Sequenzen analysiert und strukturiert. Die Studierenden erkennen, ob und wie die vorgestellten Verfahren auf neue und ähnliche Problemstellungen angewendet werden können. Die Studierenden sind in der Lage, ausgewählte Algorithmen der Sequenzanalyse in einer Programmiersprache erfolgreich zu implementieren. Die Studierenden kennen grundlegende Beschränkungen der Verfahren der Sequenzanalyse und können die Qualität der Sequenzanalyse-Verfahren beurteilen.
Inhalte	Motiviert durch den biologischen Anwendungskontext werden grundlegende Modelle und Methoden für die Speicherung, den Vergleich und die Analyse von biologischen Sequenzen behandelt. Die betrachteten Methoden werden hinsichtlich ihrer Adäquatheit für die Problemstellungen sowie hinsichtlich ihrer Effizienz untersucht. Die Veranstaltung gliedert sich wie folgt: • Das Modell der Edit Distanz und seine Anwendung in der biologischen Sequenzanalyse, • Sequenzvergleiche ohne Alignments, • Signifikanz von Alignments, • Methoden zur Datenbanksuche, • Multiples Sequenzalignment.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Grundlagen der Sequenzanalyse: 2 SWS Übungen Grundlagen der Sequenzanalyse: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und gegebenenfalls englischsprachigem Lehrmaterial oder Englisch mit englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: Keine
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; die Teilnahme an Übungen gilt grundsätzlich als erfolgreich, wenn mindestens 50 % der Punkte für die Übungen erreicht und mehrmals in den Übungen eine Lösung vorgestellt wurde. Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; schriftlich (Klausur, Dauer 90 Minuten) in der Unterrichtssprache. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Grundlagen der Sequenzanalyse: 3 LP Übungen Grundlagen der Sequenzanalyse: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflichtbereich 3 Grundlagen Bioinformatik empfohlenes Semester: 5
Titel	Grundlagen der computergestützten Systembiologie
Sigle	MBI-GSB
Qualifikationsziele	Die Studierenden wissen, wie man grundlegende Probleme bei der computergestützten Analyse biomedizinischer Omics-Daten analysiert und strukturiert angeht. Die Studierenden erkennen, ob und wie die vorgestellten Verfahren auf neue und ähnliche Problemstellungen angewendet werden können. Die Studierenden sind in der Lage, ausgewählte Algorithmen der Systembiologie und Systemmedizin in einer Programmiersprache erfolgreich zu implementieren. Die Studierenden kennen grundlegende Beschränkungen der Verfahren der künstlichen Intelligenz bzw. des maschinellen Lernens sowie der statistischen Omics-Datenanalyse. Sie können die Qualität der Methoden beurteilen.
Inhalte	Motiviert durch den biomedizinischen Anwendungskontext werden grundlegende Modelle und Methoden für die Analyse von biomedizinischen Molekular Daten behandelt. Die betrachteten Methoden werden hinsichtlich ihrer Adäquatheit für die Problemstellungen sowie hinsichtlich ihrer Effizienz und Akkuratheit untersucht. Das Modul gliedert sich wie folgt: • Einführung in die Molekularbiologie, • Einführung in die Biostatistik – speziell auf DNA/RNA-Sequenzen, • Algorithmen auf Sequenzen, • Methoden der künstlichen Intelligenz und des maschinellen Lernens und deren Anwendung in der Biomedizin.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Grundlagen der computergestützten Systembiologie: 2 SWS Übungen Grundlagen der computergestützten Systembiologie: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und gegebenenfalls englischsprachigem Lehrmaterial oder Englisch mit englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: Keine
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; die Teilnahme an Übungen gilt grundsätzlich als erfolgreich, wenn mindestens 50 % der Punkte für die Übungen erreicht wurden und mehrmals in den Übungen eine Lösung vorgestellt wurde. Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; schriftlich (Klausur, Dauer 90 Minuten) in der Unterrichtssprache. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilen	Vorlesung Grundlagen der computergestützten Systembiologie: 3 LP Übungen Grundlagen der computergestützten Systembiologie: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflichtbereich 3 Grundlagen Bioinformatik empfohlenes Semester: 5
Titel	Grundlagen der Strukturanalyse
Sigle	MBI-GST
Qualifikationsziele	Die Studierenden • extrahieren systematisch aus Standard-Datenbanken dreidimensionale Koordinaten für Makromoleküle. • beschreiben die Kräfte, die innerhalb von Molekülen wirken. • erläutern die physikalischen Prinzipien, die den wichtigsten experimentellen Methoden zur Bestimmung von Proteinstrukturen zugrunde liegen. • erklären die rechnergestützte Pipeline zur Rekonstruktion atomarer Modelle aus Beugungsmustern oder Kryo-Elektronenmikroskopiedaten. • wenden mathematische Techniken an, um strukturelle Ähnlichkeiten zu berechnen und Unterschiede zwischen biologischen Makromolekülen zu quantifizieren. • analysieren und interpretieren die Qualität experimenteller Daten oder Vorhersagemethoden, um die Zuverlässigkeit der resultierenden Strukturmodelle zu beurteilen. • evaluieren verschiedene Ansätze zur Strukturbestimmung oder -vorhersage für spezifische biologische Forschungsfragen.
Inhalte	Proteinberechnungen umfassen Methoden von der Simulation bis hin zur Klassifikation. Die Studierenden werden in die wichtigsten Modelle und Analysemethoden biologischer Strukturen eingeführt, wobei der Schwerpunkt auf Proteinstrukturen liegt. Folgende Themen werden behandelt: • Physikalische und chemische Grundlagen von Proteinstrukturen. • Grundprinzipien der Vorhersage von Proteinstrukturen aus einer Sequenz. • Bestimmung dreidimensionaler Koordinaten von Proteinen auf der Grundlage experimenteller Daten aus der Kristallographie oder Kryo-Elektronenmikroskopie. • Bildverarbeitung und Kartierung des elektrostatischen Potenzials in der Kryo-Elektronenmikroskopie. • Algorithmen zur strukturellen Überlagerung und RMSD-Berechnung.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Grundlagen der Strukturanalyse: 2 SWS Übungen Grundlagen der Strukturanalyse: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und gegebenenfalls englischsprachigem Lehrmaterial oder Englisch mit englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: Keine

Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; die Teilnahme an Übungen gilt grundsätzlich als erfolgreich, wenn mindestens 50 % der Punkte für die Übungen erreicht und mehrmals in den Übungen eine Lösung vorgestellt wurde. Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; schriftlich (Klausur, Dauer 90 Minuten) in der Unterrichtssprache. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Grundlagen der Strukturanalyse: 3 LP Übungen Grundlagen der Strukturanalyse: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

3. Module der Leereinheit Mathematik

Modultyp	Pflicht Mathematik, empfohlenes Semester: 1
Titel	Mathematik I für Studierende Computing in Science
Sigle	MATH1-CiS
Qualifikationsziele	Die Studierenden beherrschen mathematische Methoden auf der Grundlage eines guten Verständnisses mathematischer Theorien, sie verfügen insbesondere über Grundkenntnisse der Linearen Algebra und der Analysis.
Inhalte	• Die Zahlbereiche $\mathbb{N}$, $\mathbb{Q}$, $\mathbb{R}$ und $\mathbb{C}$ • Vektoren und Vektorräume • Konvergente Folgen und Reihen • Lineare Gleichungssysteme • Stetigkeit und Differenzierbarkeit (von Funktionen in einer Veränderlichen) • Integration solcher Funktionen
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Mathematik I für Studierende der Physik: 4 SWS Übungen Mathematik I für Studierende der Physik: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und gegebenenfalls englischsprachigem Lehrmaterial, Abweichungen von der Regel werden vor der Anmeldung zum Modul bekannt gemacht.
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: Keine
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; in der Regel schriftlich (Klausur) und in der Unterrichtssprache. Abweichend ist eine mündliche Prüfung möglich. Die Prüfungsart wird vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Mathematik I für Studierende der Physik: 6 LP Übungen Mathematik I für Studierende der Physik: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	9 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Pflicht Mathematik, empfohlenes Semester: 2
Titel	Mathematik II für Studierende Computing in Science
Sigle	MATH2-CiS
Qualifikationsziele	Die Studierenden beherrschen mathematische Methoden auf der Grundlage eines guten Verständnisses mathematischer Theorien, sie verfügen insbesondere über erweiterte Grundkenntnisse der Linearen Algebra und der Analysis.
Inhalte	• Funktionenfolgen • Hilberträume • Fourier-Reihen • Gewöhnliche Differentialgleichungen • Differentialrechnung im $\mathbb{R}^n$
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Mathematik II für Studierende der Physik: 4 SWS Übungen Mathematik II für Studierende der Physik: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und gegebenenfalls englischsprachigem Lehrmaterial, Abweichungen von der Regel werden vor der Anmeldung zum Modul bekannt gemacht.
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: MATH1-CiS
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; in der Regel schriftlich (Klausur) und in der Unterrichtssprache. Abweichend ist eine mündliche Prüfung möglich. Die Prüfungsart wird vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Mathematik II für Studierende der Physik: 6 LP Übungen Mathematik II für Studierende der Physik: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	9 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Pflicht Mathematik, empfohlenes Semester: 3
Titel	Numerische Mathematik
Sigle	Ma-P4
Qualifikationsziele	Die Studierenden • können grundlegende numerische Verfahren beschreiben, erklären, implementieren und anwenden. • sind mit der Analyse der behandelten Verfahren vertraut und sind in der Lage die Ergebnisse realer Implementierungen mit der Theorie zu vergleichen.
Inhalte	• Lineare Gleichungssysteme und Fehleranalyse • Interpolation mit Polynomen und Splinefunktionen • Orthogonalisierungsmethoden und Lineare Ausgleichsrechnung • Lineare Optimierung, insbesondere Simplexverfahren • Numerische Integration • Nichtlineare Gleichungen • Eigenwertprobleme
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Numerische Mathematik: 4 SWS Übungen Numerische Mathematik: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: MATH1-CiS, MATH2-CiS
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Voraussetzungen zur Modulprüfung: Übungsabschluss Modulprüfung und -sprache: Art der Modulprüfung: i.d.R. Klausur, abweichend mündliche Prüfung (benotet) Prüfungssprache: i.d.R. Deutsch Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Numerische Mathematik: 6 LP Übungen Numerische Mathematik: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	9 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Pflicht Mathematik, empfohlenes Semester: 4
Titel	Stochastik 1 für Studierende der Informatik
Sigle	MATH-Inf/STO1
Qualifikationsziele	Die Studierenden verfügen über grundlegende Kenntnisse und Fertigkeiten zu stochastischen Modellen mit diskreten Verteilungen, die für die Modellierung und Analyse komplexer Zusammenhänge auf probabilistischer Basis erforderlich sind. Sie sind in der Lage, die zugrundeliegenden Modellierungstechniken in einfachen Anwendungskontexten selbstständig einzusetzen und zu bewerten.
Inhalte	• Diskrete Wahrscheinlichkeitsmodelle und Zufallsexperimente; • Zufallsvariable und Bildmaße, Kenngrößen von Zufallsvariablen und Verteilungen; • Mehrstufige Modelle: Übergangswahrscheinlichkeiten und stochastische Unabhängigkeit; • Wahrscheinlichkeitsungleichungen, Schwaches Gesetz der Großen Zahlen, Zentraler Grenzwertsatz • Definition und ausgewählte Beispiele zu Wahrscheinlichkeitsmaßen auf $\mathbb{R}$ mit Riemann-Dichten (insbes. Normalverteilung) mit Anwendungen • Grundlegende Ideen der statistischen Inferenz anhand von Beispielen
Lehr- und Lernformen	Vorlesung mit integrierter Übung Stochastik 1 für Studierende der Informatik: 3 SWS Übungen Stochastik 1 für Studierende der Informatik: 1 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und gegebenenfalls englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: MATH1-CiS, MATH2-CiS
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Die Zulassung zur Modulprüfung setzt die regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen voraus; die Teilnahme gilt grundsätzlich als erfolgreich, wenn alle Aufgaben bearbeitet und mindestens 50 % der Maximalpunktzahl erreicht wurden; im Falle abweichender Kriterien werden diese vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; in der Regel schriftlich (Klausur, Dauer 80-100 Minuten) und in der Unterrichtssprache. Abweichend ist eine mündliche Prüfung möglich. Die Prüfungsart wird vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung mit integrierter Übung Stochastik 1 für Studierende der Informatik: 4 LP Übungen Stochastik 1 für Studierende der Informatik: 2 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 1 Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 1 empfohlenes Semester: 5
Titel	Höhere Analysis
Sigle	Ma-P3
Qualifikationsziele	Die Studierenden • sind mit dem Begriff des Lebesgue-Integrals im $\mathbb{R}^n$ und seinen grundlegenden Eigenschaften vertraut und können diesen in einen allgemeineren maßtheoretischen und funktionalanalytischen Kontext einordnen • beherrschen den Differential- und Integralkalkül auf Untermannigfaltigkeiten des $\mathbb{R}^n$ • können auch die fortgeschrittenen Methoden und Begriffe der Integraltheorie in konkreten Problemzusammenhängen sicher anwenden
Inhalte	• Untermannigfaltigkeiten des $\mathbb{R}^n$ (Tangentialbündel, Differential von differenzierbaren Abbildungen) • Integralsätze für Untermannigfaltigkeiten (insbesondere Satz von Stokes in allgemeiner Form) • Lebesguesche Integrationstheorie • Grundbegriffe der Funktionalanalysis • Der Hilbertraum L^2 und Fourier-Analysis • L^p-Räume • Klassische Ungleichungen • Grundzüge einer allgemeinen Maß- und Integrationstheorie
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Höhere Analysis: 4 SWS Übungen Höhere Analysis: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: MATH1-CiS, MATH2-CiS
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Voraussetzungen zur Modulprüfung: Übungsabschluss Modulprüfung und -sprache: Art der Modulprüfung: i.d.R. Klausur, abweichend mündliche Prüfung (benotet) Prüfungssprache: i.d.R. Deutsch Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Höhere Analysis: 6 LP Übungen Höhere Analysis: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	9 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 1 Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 1 empfohlenes Semester: 3/5
Titel	Mathematik III für Studierende Computing in Science
Sigle	MATH3-CiS
Qualifikationsziele	Die Studierenden beherrschen mathematische Methoden auf der Grundlage eines guten Verständnisses mathematischer Theorien, sie verfügen insbesondere über erweiterte Kenntnisse der Linearen Algebra und der Analysis (v.a. über Integration im $\mathbb{R}^n$ und auf Mannigfaltigkeiten, Distributionen und Fourier-Transformation sowie über einfache partielle Differentialgleichungen).
Inhalte	• Integration in $\mathbb{R}^n$ • Die klassischen Integralsätze • Distributionen und Fourier-Transformation • Partielle Differentialgleichungen
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Mathematik III für Studierende der Physik: 4 SWS Übungen Mathematik III für Studierende der Physik: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und gegebenenfalls englischsprachigem Lehrmaterial, Abweichungen von der Regel werden vor der Anmeldung zum Modul bekannt gemacht.
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: MATH1-CiS, MATH2-CiS
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; in der Regel schriftlich (Klausur) und in der Unterrichtssprache. Abweichend ist eine mündliche Prüfung möglich. Die Prüfungsart wird vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Mathematik III für Studierende der Physik: 6 LP Übungen Mathematik III für Studierende der Physik: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	9 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 1 Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 1 empfohlenes Semester: 3/5
Titel	Mathematik III für Studierende Computing in Science
Sigle	MATH3-CiS
Qualifikationsziele	Die Studierenden beherrschen mathematische Methoden auf der Grundlage eines guten Verständnisses mathematischer Theorien, sie verfügen insbesondere über erweiterte Kenntnisse der Linearen Algebra und der Analysis (v.a. über Integration im $\mathbb{R}^n$ und auf Mannigfaltigkeiten, Distributionen und Fourier-Transformation sowie über einfache partielle Differentialgleichungen).
Inhalte	• Integration in $\mathbb{R}^n$ • Die klassischen Integralsätze • Distributionen und Fourier-Transformation • Partielle Differentialgleichungen
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Mathematik III für Studierende der Physik: 4 SWS Übungen Mathematik III für Studierende der Physik: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und gegebenenfalls englischsprachigem Lehrmaterial, Abweichungen von der Regel werden vor der Anmeldung zum Modul bekannt gemacht.
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: MATH1-CiS, MATH2-CiS
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; in der Regel schriftlich (Klausur) und in der Unterrichtssprache. Abweichend ist eine mündliche Prüfung möglich. Die Prüfungsart wird vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Mathematik III für Studierende der Physik: 6 LP Übungen Mathematik III für Studierende der Physik: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	9 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 1 Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 1 empfohlenes Semester: 4/6
Titel	Mathematik IV für Studierende der Physik
Sigle	MATH4
Qualifikationsziele	Die Studierenden beherrschen mathematische Methoden auf der Grundlage eines guten Verständnisses mathematischer Theorien, sie verfügen insbesondere über Kenntnisse der Funktionentheorie und der Operatoren auf Hilberträumen.
Inhalte	• Elemente der Funktionentheorie • Lineare Operationen auf Hilberträumen
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Mathematik IV für Studierende der Physik: 4 SWS Übungen Mathematik IV für Studierende der Physik: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und gegebenenfalls englischsprachigem Lehrmaterial, Abweichungen von der Regel werden vor der Anmeldung zum Modul bekannt gemacht.
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: MATH1-CiS, MATH2-CiS, MATH3-CiS
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; in der Regel schriftlich (Klausur) und in der Unterrichtssprache. Abweichend ist eine mündliche Prüfung möglich. Die Prüfungsart wird vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Mathematik IV für Studierende der Physik: 6 LP Übungen Mathematik IV für Studierende der Physik: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	9 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 1 Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 1 empfohlenes Semester: 5
Titel	Stochastik 2 für Studierende der Informatik
Sigle	MATH-Inf/STO2
Qualifikationsziele	Die Studierenden verfügen über grundlegende Kenntnisse und Fertigkeiten im Bereich der Statistik, sowie zu stochastischen Modellen mit kontinuierlichen und semi-kontinuierlichen Verteilungen, die für die Modellierung und Analyse komplexer Zusammenhänge auf probabilistischer Basis erforderlich sind. Sie sind in der Lage, die zugrundeliegenden Techniken zur Beschreibung und Modellierung in einfachen Anwendungskontexten selbstständig einzusetzen und zu bewerten.
Inhalte	• Allgemeinere stetige und gemischt stetig-diskrete Wahrscheinlichkeitsmaße auf $\mathbb{R}$; Verallgemeinerung der Konzepte und Resultate vom diskreten auf den stetigen Fall • Markov-Ketten • Exemplarische Fragestellungen z.B. aus den Bereichen Warteschlangentheorie, stochastische Simulationen und Statistik als Vertiefung der fundamentalen Konzepte der Stochastik.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Stochastik 2 für Studierende der Informatik: 2 SWS Übungen Stochastik 2 für Studierende der Informatik: 1 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch mit deutsch- und gegebenenfalls englischsprachigem Lehrmaterial
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: MATH1-CiS, MATH2-CiS, MATH-Inf/STO1
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Die Zulassung zur Modulprüfung setzt die regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen voraus; die Teilnahme gilt grundsätzlich als erfolgreich, wenn alle Aufgaben bearbeitet und mindestens 50 % der Maximalpunktzahl erreicht wurden; im Falle abweichender Kriterien werden diese vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Modulprüfung und -sprache: Gemeinsame Modulprüfung für alle Lehrveranstaltungen des Moduls; in der Regel schriftlich (Klausur, Dauer 80-100 Minuten) und in der Unterrichtssprache. Abweichend ist eine mündliche Prüfung möglich. Die Prüfungsart wird vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Stochastik 2 für Studierende der Informatik: 3 LP Übungen Stochastik 2 für Studierende der Informatik: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 1 Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 1 empfohlenes Semester: 6
Titel	Gewöhnliche Differentialgleichungen und Dynamische Systeme
Sigle	Ma-WP11
Qualifikationsziele	Die Studierenden • kennen die grundlegenden Theorie Dynamischer Systeme und können diese auf ein Ihnen unbekanntes System anwenden • können Bausteine (insbesondere Gleichgewichte, Stabilität, lokale Verzweigungen) des qualitativen Verhaltens eines Ihnen unbekannten Dynamischen Systems identifizieren • können die Lösbarkeit (Existenz und Eindeutigkeit) einer gewöhnlichen Differentialgleichung erkennen und elementare Beispiele explizit lösen • beherrschen die Modellierung ausgewählter naturwissenschaftlicher Prozesse mittels gewöhnlicher Differentialgleichungen oder Iterationen
Inhalte	• Modellbildung mit dynamischen Systemen • Gewöhnliche Differentialgleichungen als dynamische Systeme (Existenz, Eindeutigkeit) • Langzeitverhalten von Orbits (Vorhersagbarkeit, Periodizität, Stabilität, Limesmengen, Attraktoren) • Lineare Differentialgleichungen und Linearisierung • Elementare Verzweigungen (Sattel-Knoten/Pitchfork, Andronov-Hopf) Auswahl an weiteren Themen: • Hyperbolische Systeme, Strukturstabilität • Symbolische Dynamik • Hamilton-Systeme, volumenerhaltende Systeme
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Gewöhnliche Differentialgleichungen und Dynamische Systeme: 4 SWS Übungen Gewöhnliche Differentialgleichungen und Dynamische Systeme: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: MATH1-CiS, MATH2-CiS, Ma-P3
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Voraussetzungen zur Modulprüfung: Übungsabschluss Modulprüfung und -sprache: Art der Modulprüfung: i.d.R. Klausur, abweichend mündliche Prüfung (benotet) Prüfungssprache: i.d.R. Deutsch Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.

Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Gewöhnliche Differentialgleichungen und Dynamische Systeme: 6 LP Übungen Gewöhnliche Differentialgleichungen und Dynamische Systeme: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	9 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 1 Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 1 empfohlenes Semester: 6
Titel	Einführung in die mathematische Modellierung
Sigle	Ma-WP12
Qualifikationsziele	Die Studierenden können • die Modellierung neuer Problemstellungen einordnen • geeignete Modellierungsansätze identifizieren • ein mathematisches Modell erstellen • die mathematischen Probleme im mathematischen Modell einordnen • erste Lösungsansätze erarbeiten • gegebenenfalls erste Resultate evaluieren • Modellierungsansätzen und mathematische Modelle kritisch beurteilen
Inhalte	• Der Modellierungsprozess • Modellierungsansätze • Einsetzbare mathematische Tools zum Studium der Modelle • Evaluierung von Modellen • Beispiele von zielführenden Modellierungsprozessen
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Einführung in die mathematische Modellierung: 4 SWS Übungen Einführung in die mathematische Modellierung: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: MATH1-CiS, MATH2-CiS
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Voraussetzungen zur Modulprüfung: Übungsabschluss Modulprüfung und -sprache: Art der Modulprüfung: i.d.R. Klausur, abweichend mündliche Prüfung (benotet) Prüfungssprache: i.d.R. Deutsch Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Einführung in die mathematische Modellierung: 6 LP Übungen Einführung in die mathematische Modellierung: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	9 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 1 Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 1 empfohlenes Semester: 5
Titel	Approximation
Sigle	Ma-WP13
Qualifikationsziele	Die Studierenden • können praktische Fragestellungen als mathematische Approximationsprobleme modellieren • kennen die grundlegenden Konzepte der Approximation und können diese auf ihnen unbekannte Probleme anwenden • verstehen die Konstruktionsprinzipien von numerischen Algorithmen der Approximation und können geeignete Approximationsmethoden auswählen und anwenden.
Inhalte	• Bestapproximationen: Existenz, Eindeutigkeit, Charakterisierung • Euklidische Approximation: Orthogonalbasen und -projektionen • Tschebyscheff-Approximation: Haarsche Räume, Remez-Algorithmus • Asymptotische Aussagen: Satz von Weierstraß, Jackson-Sätze • Basiskonzepte der Signal-Approximation: Fourier-Transformation • Approximation mit Kernfunktionen
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Approximation: 4 SWS Übungen Approximation: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: MATH1-CiS, MATH2-CiS
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Voraussetzungen zur Modulprüfung: Übungsabschluss Modulprüfung und -sprache: Art der Modulprüfung: i.d.R. Klausur, abweichend mündliche Prüfung (benotet) Prüfungssprache: i.d.R. Deutsch Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Approximation: 6 LP Übungen Approximation: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	9 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 1 Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 1 empfohlenes Semester: 6
Titel	Optimierung
Sigle	Ma-WP14
Qualifikationsziele	Die Studierenden • können praktische Fragestellungen als mathematische Optimierungsprobleme modellieren. • kennen die Optimalitätstheorie der nichtlinearen Optimierung und können diese auf Ihnen unbekannte Probleme anwenden. • verstehen die Konstruktionsprinzipien von Optimierungsalgorithmen und können geeignete Techniken zum Beweis der Konvergenz auswählen und anwenden. • beherrschen Verfahren zur Lösung unrestringierter und restringierter Optimierungsprobleme, kennen deren Konvergenzeigenschaften und können zu gegebenen Fragestellungen geeignete Verfahren auswählen und anwenden.
Inhalte	• Modellbeispiele aus der Praxis • Unrestringierte Optimierung: Notwendige und hinreichende Optimalitätsbedingungen, global konvergente Abstiegsverfahren (z.B. Gradientenverfahren, Trust-Region-Verfahren), lokal schnell konvergente Verfahren (z.B. Newton- und Quasi-Newton-Verfahren), global und lokal schnell konvergente Verfahren (z.B. globalisierte Newton-Verfahren) • Restringierte Optimierung: Notwendige und hinreichende Optimalitätsbedingungen, numerische Verfahren (z.B. Penalty-Verfahren, SQP-Verfahren) • Ausgewählte Kapitel (z.B. konvexe Optimierung, Dualität, parametrische Optimierung)
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Optimierung: 4 SWS Übungen Optimierung: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: MATH1-CiS, MATH2-CiS, Ma-P4
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Voraussetzungen zur Modulprüfung: Übungsabschluss Modulprüfung und -sprache: Art der Modulprüfung: i.d.R. Klausur, abweichend mündliche Prüfung (benotet) Prüfungssprache: i.d.R. Deutsch Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Optimierung: 6 LP Übungen Optimierung: 3 LP

Gesamtarbeits- aufwand des Moduls	9 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 1 Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 1 empfohlenes Semester: 6
Titel	Numerik Gewöhnlicher Differentialgleichungen
Sigle	Ma-WP25
Qualifikationsziele	Die Studierenden • können gewöhnliche Differentialgleichungen und dynamische Systeme aus praktischen Fragestellungen modellierend ableiten; • kennen die theoretischen Begriffe und Konzepte zur Lösung von Differentialgleichungen und können diese auf Ihnen unbekannte Probleme anwenden; • verstehen die Konstruktionsprinzipien von numerischen Lösungsverfahren und können geeignete Techniken zum Beweis der Konsistenz und Stabilität auswählen und anwenden; • beherrschen Verfahren zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen und dynamischer Systeme, kennen deren Konvergenz- und Effizienzeigenschaften und können zu gegebenen Fragestellungen geeignete Verfahren auswählen, anwenden, und beispielhaft programmieren.
Inhalte	• Beispiele für numerisch zu lösende Differentialgleichungen aus praktischen Problemstellungen • Notationen und einführende Definitionen • Einschritt-Verfahren • Kondition, Stabilität und Konvergenz • Konsistenz von Einschrittverfahren • Verfahren höherer Ordnung – Runge-Kutta Verfahren • Zeitschrittsteuerung (adaptive und eingebettete Runge-Kutta Verfahren) • Mehrschrittverfahren • Lineare dynamische Systeme • Nichtlineare dynamische Systeme (optional)
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Numerik Gewöhnlicher Differentialgleichungen: 4 SWS Übungen Numerik Gewöhnlicher Differentialgleichungen: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: MATH1-CiS, MATH2-CiS, Ma-P4
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Voraussetzungen zur Modulprüfung: Übungsabschluss Modulprüfung und -sprache: Art der Modulprüfung: i.d.R. Klausur, abweichend mündliche Prüfung (benotet) Prüfungssprache: i.d.R. Deutsch Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.

Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Numerik Gewöhnlicher Differentialgleichungen: 6 LP Übungen Numerik Gewöhnlicher Differentialgleichungen: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	9 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

4. Module der Lehreinheit Chemie

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Pflicht, empfohlenes Semester: 1
Titel	Physikalische Chemie I: Allgemeine Einführung in die Physikalische Chemie
Sigle	CHE 002 A
Qualifikationsziele	Die Studierenden sind in der Lage, grundlegende Prinzipien der klassischen Thermodynamik zu verstehen und thermodynamische Vorgänge zu beschreiben. Sie können zwischen verschiedenen Prozessen differenzieren und verstehen das Prinzip von Kreisprozessen. Die Studierenden sind mit den Zustandsgleichungen idealer Gase und Mischungen vertraut. Ferner sind sie fähig, chemische Gleichgewichte zu beschreiben und zwischen verschiedenen Reaktionsordnungen zu differenzieren.
Inhalte	Gleichgewicht, intensive und extensive Größen, SI-Basiseinheit, Temperatur, nullter Hauptsatz der Thermodynamik, Zustandsfunktionen und totale Differentiale, Wärmekapazität, Einführung in kinetische Gastheorie, isotherme, adiabatische, isochore und isobare Prozesse, Zustandsgleichung idealer Gase und Mischungen, Erster Hauptsatz der Thermodynamik, Arbeit & Wärme, innere Energie und Enthalpie, Kreisprozesse, Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik und Entropie, Gibbs'sche Fundamentalgleichung und chemisches Potential, chemisches Gleichgewicht, Reaktionsordnung und Reaktionsgeschwindigkeit, Arrhenius-Gleichung.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Physikalische Chemie I: Allgemeine Einführung in die Physikalische Chemie: 2 SWS Übungen Physikalische Chemie I: Allgemeine Einführung in die Physikalische Chemie: 1 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: Keine
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Klausur Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Physikalische Chemie I: Allgemeine Einführung in die Physikalische Chemie: 3 LP Übungen Physikalische Chemie I: Allgemeine Einführung in die Physikalische Chemie: 1,5 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	4,5 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Pflicht, empfohlenes Semester: 3
Titel	Einführung in die Biochemie
Sigle	CHE 008
Qualifikationsziele	Die Studierenden besitzen eine grundlegende Fachkompetenz im Fach Biochemie. Sie können zelluläre Strukturen beschreiben. Sie besitzen grundlegende Kenntnisse über die Struktur und Eigenschaften der Basismakromoleküle der Zelle wie Proteine, Nukleinsäuren, Fette und Zucker. Die Studierenden haben ein Verständnis über die zellulären Funktionen der Biomoleküle und können grundlegende Methoden zu deren Charakterisierung beschreiben. Sie verstehen die grundlegenden Prinzipien der Proteinfunktion, d.h. der strukturellen und katalytischen Funktion sowie der Nukleinsäurefunktion als Hauptelemente des Prozesses der Übertragung der genetischen Information. Die Studierenden sind in der Lage, aufbauend auf den grundlegenden beispielhaften biochemischen Prozessen, diese in komplexere und verzweigte biochemische Wege selbstständig zu differenzieren und die Regulationspunkte dieser zu erkennen. Die Studierenden verstehen die biophysikalischen Eigenschaften der Proteine und Nukleinsäuren und somit die grundlegenden Aspekte unterschiedlicher biochemischer Methoden zu ihrer Charakterisierung und können dieses Wissen bei der Identifizierung und Charakterisierung zellulärer Makromoleküle praktisch umsetzen und anwenden.
Inhalte	Aminosäuren, Peptide und Proteine, Proteinstruktur, katalytische und Strukturfunktionen, Enzyme; Lebenszyklus der Proteine in der Zelle. Kohlenhydrate und Lipide; Membranenaufbau; Funktion der Zellmembran. Aufbau, Struktur und Funktion von Nukleinsäuren, Übertragung der genetischen Information, DNA-Replikation, Transkription, RNA-Reifung, Genetischer Code, Translation. Vielfältigkeit der Lebensformen – Beispiele unterschiedlicher Zellen.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Einführung in die Biochemie: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: Keine
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Klausur Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Einführung in die Biochemie: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	3 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Pflicht, empfohlenes Semester: 2
Titel	Physikalische Chemie III: Vertiefung der klassischen Physikalischen Chemie
Sigle	CHE 071
Qualifikationsziele	Das Modul erweitert wichtige Grundlagen in den Bereichen der Thermodynamik, Kinetik und Elektrochemie. Die Studierenden sind in der Lage, Mischphasen zu beschreiben und Phasengleichgewichte zu interpretieren. Sie verstehen die Aussagen der Faraday'schen Gesetze und können diese auf atomare/molekulare elektrochemische Prozesse anwenden. Die Studierenden kennen zentrale elektrochemische Methoden wie die Cyclovoltammetrie und sind befähigt, solche Messdaten zu beschreiben und zu interpretieren. Die Studierenden kennen komplexe kinetische Reaktionsmechanismen und die Energien der Übergangszustände.
Inhalte	Theorem der korrespondierenden Zustände, Joule-Thomson-Effekt, Mischphasen, partielle Größen und Gibbs-Duhem'sche Gleichung, Dritter Hauptsatz der Thermodynamik, Nernst-Theorem, Phasengleichgewichte und Gibbs'sche Phasenregel, Dampfdruckerniedrigung/Siedepunktserhöhung, kolligative Eigenschaften und osmotischer Druck, Gefrierpunktserniedrigung, Phasendiagramme und Grenzflächengleichgewichte, Adsorption und Benetzung, Aufbau einer elektrochemischen Zelle, Faraday-Gesetze, starke und schwache Elektrolyte, Debye-Hückel-Theorie, Ladungstransport und Grenzleitfähigkeit, Nernst-Gleichung, elektrochemische Doppelschicht und Elektrodenkinetik, Cyclovoltammetrie, Korrosion, Grundlagen der elektrochemischen Energiespeicherung und Energiewandlung, Kinetik komplexer Reaktionen.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Physikalische Chemie III: Vertiefung der klassischen Physikalischen Chemie: 2 SWS Übungen Physikalische Chemie III: Vertiefung der klassischen Physikalischen Chemie: 1 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: CHE 002 A
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Klausur Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Physikalische Chemie III: Vertiefung der klassischen Physikalischen Chemie: 3 LP Übungen Physikalische Chemie III: Vertiefung der klassischen Physikalischen Chemie: 1,5 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	4,5 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Pflicht, empfohlenes Semester: 1
Titel	Allgemeine und Anorganische Chemie
Sigle	CHE 080 A
Qualifikationsziele	Die Studierenden sind in der Lage, den Zusammenhang zwischen den Eigenschaften chemischer Elemente bzw. chemischer Prozessen in sprachlicher Beschreibung und in chemischer Formulierung wiederzugeben. Sie können sich die Erstellung chemischer Reaktionsgleichungen auf Basis stöchiometrischer Grundlagen und des Massenwirkungsgesetzes selbstständig erarbeiten und dabei notwendige Maßeinheiten richtig anwenden. Sie verstehen den Aufbau von Atomen und können zwischen den Eigenschaften des Atomkerns und der Elektronenhülle unterscheiden. Sie besitzen die Fähigkeit, die verschiedenen chemischen Bindungsarten auf Basis physikalischer und chemischer Grundkenntnisse zu verstehen und ein Urteilsvermögen dafür zu entwickeln, in welchen Verbindungen oder Elementen welcher Bindungstyp vorliegt. Sie haben das Aufbauprinzip des Periodensystems der Elemente verstanden und können daraus einfache Eigenschaften von Elementen ableiten. Entsprechend können sie wichtige Stoffkreisläufe und Reaktionstypen nennen und erläutern.
Inhalte	Grundlegende Konzepte der Chemie; Atombau, Struktur der Elektronenhülle, Periodensystem der Elemente; Stöchiometrie, chemisches Rechnen, chemische Formeln und Gleichungen, Gasgesetze; Bindungsvorstellungen und chemische Verbindungen: Ionenbindung, Atombindung, metallische Bindung, van-der-Waals-Kräfte, Moleküle, Koordinationsverbindungen, Nomenklatur; chemische Reaktionen: Energetik, chemisches Gleichgewicht, Kinetik, Katalyse; Chemie in wässriger Lösung: Wasser, Lösungsvorgänge und Löslichkeitsprodukt, Säuren und Basen; Redox-Reaktionen; Stoffchemie ausgewählter Haupt- und Nebengruppenelemente mit Bezug zu wichtigen technischen Verfahren oder mit biologisch/biochemischer Relevanz.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Allgemeine und Anorganische Chemie: 4 SWS Übungen Allgemeine und Anorganische Chemie: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: Keine
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Voraussetzungen zur Modulprüfung: Übungsabschluss (unbenotet) Modulprüfung und -sprache: Klausur Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Allgemeine und Anorganische Chemie: 4 LP Übungen Allgemeine und Anorganische Chemie: 2 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Pflicht, empfohlenes Semester: 2
Titel	Organische Chemie
Sigle	CHE 081 A
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben eine grundlegende Fachkompetenz in organischer Chemie. Sie sind in der Lage, funktionelle Gruppen komplexer Moleküle zu erkennen und Beispielverbindungen den entsprechenden (Natur-)Stoffklassen zuzuordnen. Sie können Moleküle entsprechend der IUPAC-Nomenklatur benennen und stereochemische Begriffe korrekt anwenden. Sie sind mit den wichtigsten Reaktionen der funktionellen Gruppen vertraut und können deren Synthesen und Reaktionsweisen einschließlich der Reaktionsmechanismen formulieren bzw. anwenden.
Inhalte	Alkane (Konformation von Alkanen), Cycloalkane (Ringspannung, Sesselkonformation), Halogenalkane, radikalische Substitution, nucleophile Substitution an aliphatischen Systemen (S_N1 , S_N2), Alkanole, Alkene (Eliminierung, elektrophile Addition), Aromatische Verbindungen (elektrophile Substitution, Erst- und Zweitsubstitution), Alkine, Carbonylverbindungen (Aldehyde, Ketone, Carbonsäuren, Ester, Fette, Öle, Wachse, Phospholipide), Amine, Aminosäuren, Peptide, Proteine, Kohlenhydrate, Isomerie (Strukturisomere, Stereoisomere, Konformationsisomere, chirale Verbindungen, <i>cis-/trans</i> -Isomerie).
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Organische Chemie: 3 SWS Übungen Organische Chemie: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: CHE 080 A
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Klausur Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Organische Chemie: 4 LP Übungen Organische Chemie: 2 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Pflicht, empfohlenes Semester: 3
Titel	Grundpraktikum in Anorganischer und Organischer Chemie
Sigle	CHE 083
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben ein Verständnis der Grundlagen der allgemeinen, anorganischen und organischen Chemie, von Stoffumwandlungen, Übertragungsreaktionen von Elektronen und Protonen, energetischen und kinetischen Betrachtungen chemischer Reaktionen. Sie kennen wichtige Stoffkreisläufe und Reaktionstypen, qualitative und quantitative Analysemethoden. Sie haben sich praktische Fähigkeiten zur Handhabung von Laborgeräten, zum Aufbau von Reaktionsapparaturen und zum Umgang mit organischen Lösungsmitteln angeeignet.
Inhalte	Grundlegende Konzepte der Chemie, Konzentrationsangaben, Stöchiometrie, Natur der chemischen Bindung, Energetik chemischer Reaktionen, Gleichgewichtsreaktionen, Katalyse, Gasgesetze, Säure-Base-Reaktionen, Puffer, Redoxreaktionen, Nachweisreaktionen und erste Erfahrungen mit Analyseverfahren, Komplexverbindungen, Methoden und Reaktionen zur Umwandlung organischer funktioneller Gruppen, z.B. Veresterung, nucleophile Substitution, Eliminierung
Lehr- und Lernformen	Praktikum Grundpraktikum in Anorganischer und Organischer Chemie : 3 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: CHE 080 A, CHE 081 A Empfohlen: Keine
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Während der Sicherheitsunterweisung besteht Anwesenheitspflicht. Modulprüfung und -sprache: Erfolgreicher Praktikumsabschluss (unbenotet). Benotung: Die Modulprüfung wird mit "bestanden" bzw. "nicht bestanden" bewertet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Praktikum Grundpraktikum in Anorganischer und Organischer Chemie : 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	3 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich Das Praktikum findet als Blockveranstaltung in der vorlesungsfreien Zeit statt.

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Pflicht, empfohlenes Semester: 3
Titel	Einführung in die Medizinische Chemie
Sigle	CHE 356
Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen und verstehen grundlegende Fachbegriffe und Problemstellungen der Medizinischen Chemie. Sie verstehen die grundlegenden Prinzipien, die die Wechselwirkung von Arzneistoffen mit den molekularen Zielstrukturen im menschlichen Organismus bestimmen und beeinflussen und können Beispiele aus diesem Bereich benennen und interpretieren. Die Studierenden kennen verschiedene Techniken, die von medizinischen Chemikern im Rahmen der Wirkstoffentwicklung, insbesondere bei der Leitstrukturfindung und -optimierung, angewendet werden.
Inhalte	Es wird eine kurze Einführung in die Medizinische Chemie gegeben. Dabei werden eingesetzte Arbeitstechniken vorgestellt und an ausgewählten Beispielen werden Grundsätze und Vorgehensweisen erarbeitet. Themen sind: Grundlagen der Arzneistoffwirkung; Angriffsorte für Arzneistoffe; Wechselwirkungen zwischen Wirkstoffen und biologischen Systemen; Agonisten – Antagonisten; Prinzipien der Wirkstoffentwicklung; Beispiele wichtiger Wirkstoffklassen und Zielstrukturen.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Einführung in die Medizinische Chemie: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: Einführende Veranstaltungen der Chemie und Biochemie
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Klausur Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Einführung in die Medizinische Chemie: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	3 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 2 Biochemie/Chemie, empfohlenes Semester: 4
Titel	Biochemie – Vorlesungsmodul
Sigle	CHE 021 A
Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen die allgemeinen Bausteine der Biochemie wie Proteine und Nukleinsäuren in Struktur und Funktion sowie zelluläre Vorgänge. Außerdem können sie moderne Methoden der Proteinanalytik und der Molekularbiologie erklären.
Inhalte	In der Vorlesung Biochemie werden Aufbau, Struktur und katalytische Mechanismen von Proteinen dargestellt, sowie der Metabolismus von Kohlenhydraten, Fetten, Aminosäuren und Nukleotiden behandelt. Ausgewählte Proteine (Hämoglobin, Membranpumpen und Kanäle) werden bezüglich ihrer Struktur und Funktion detailliert behandelt. Die zelluläre Koordination wird an Beispielen wie Proteintargeting und -Abbau, Glykosylierung, Signaltransduktion und die molekulare Physiologie an Beispielen wie Muskelaufbau, Immunsystem und Sensorische Systeme (Gehör, Geruch, Geschmack) dargestellt. Außerdem werden Aufbau und Struktur von Nukleinsäuren, Replikation, Transkription und Translation, Rekombinante DNA-Technologien und Regulation der Genexpression behandelt. In der Vorlesung Biochemische Analytik werden moderne Methoden zur Proteinreinigung und Analytik, rekombinante DNA-Technologien und Expressionssysteme vorgestellt.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Biochemie: 2 SWS Vorlesung Biochemische Analytik: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: CHE 008
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Klausur Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Biochemie: 3 LP Vorlesung Biochemische Analytik: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 2 Biochemie/Chemie, empfohlenes Semester: 5
Titel	Strukturbiologie I
Sigle	CHE 411
Qualifikationsziele	Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, • die Rolle der Röntgenkristallographie als Teilgebiet der strukturellen Charakterisierung von Proteinen einzuordnen, • grundlegende Schritte der Proteinkristallisation sowie der Gewinnung und Auswertung von Beugungsdaten zu beschreiben, • Elektronendichtekarten zu interpretieren und einfache Proteinmodelle iterativ zu verbessern, • grundlegende Qualitätskriterien von Proteinstrukturen zu beurteilen, • ausgewählte Softwarewerkzeuge zur Strukturverfeinerung und -visualisierung anzuwenden, • die Grundprinzipien der Massenspektrometrie (Ionisation, Massentrennung, Detektion) zu erklären, • Ionisation mittels ESI und MALDI zu beschreiben, • geeignete MS-basierte Methoden für strukturbiologische Fragestellungen auszuwählen, • einfache MS-Datensätze zu interpretieren (Ladungsverteilungen, Massenbestimmung, Erkennen von Addukten, Fragmentspektren), • die physikalischen Grundlagen der NMR-Spektroskopie zu erklären, • verschiedene 1D- und 2D-NMR-Spektren für die Strukturanalyse von bioorganischen Molekülen interpretieren. • 3D-NMR-Experimente zur Analyse von Proteinen zu erklären, • grundlegende Voraussetzungen in der Probenpräparation verschiedener Molekülklassen zu benennen, • ausgewählte Software für die Analyse von NMR-Daten anzuwenden.
Inhalte	Das Modul vermittelt grundlegende experimentelle Methoden zur strukturellen Charakterisierung von Proteinen, insbesondere Röntgenkristallographie, NMR-Spektroskopie und Massenspektrometrie. Der erste Teilbereich vermittelt eine umfassende Einführung in die Theorie und Praxis der biomolekularen Röntgenkristallographie. Es behandelt die Grundlagen der Proteinkristallisation, Datenerhebung und -auswertung sowie den iterativen Modellbau und die Strukturverfeinerung von Biomakromolekülen. Der Teilbereich "Massenspektrometrie" vermittelt eine Einführung in die Anwendung massenspektrometrischer Methoden zur Struktur- und Interaktionsanalyse von Proteinen. Behandelt werden die Grundlagen der Ionisation (ESI, MALDI), der Massentrennung und Fragmentierung sowie der Einsatz von MS zur Bestimmung von Molekülmassen, Proteinzusammensetzung und Ligandenbindung. Darüber hinaus werden strukturbiologisch relevante MS-Ansätze wie native Massenspektrometrie, Crosslinking-MS und Hydrogen-Deuterium-Exchange-MS (HDX-MS) vorgestellt, die Einblicke in Konformationsänderungen, Bindestellen und Protein-Protein-Interaktionen

	ermöglichen. Der Teilbereich NMR vermittelt zunächst die physikalischen Grundlagen (Kernspin, NMR-Magnete, Resonanzgleichung). Behandelt werden dann NMR-spektroskopische Analysen von biologischen Proben, beginnend bei einfachen Bausteinen wie Aminosäuren, Kohlenhydraten und Nucleotiden. Dabei werden verschiedene 1D- und 2D-Experimente eingeführt und der Zusammenhang zwischen verschiedenen NMR-Parametern (chemische Verschiebung, Integral, skalare Kopplung, Nuclear Overhauser Effect) und chemischen Strukturen wird vermittelt. Nach einem kurzen Exkurs in die Analyse komplexer Gemische (Metabolomics) wird im Anschluss die Analyse von Proteinen mittels 3D-NMR-Spektren behandelt. Der praktische Teil in dem Teilbereich "Röntgenkristallographie" umfasst eine Einführung in ausgewählte Softwarewerkzeuge, insbesondere Phenix und Coot. Der praktische Teil "Massenspektrometrie" umfasst eine Einführung in die Auswertung einfacher MS-Datensätze, einschließlich der Interpretation von Massenspektren, Ladungsverteilungen und Adduktbildungen und der Identifizierung von Peptiden aus einfachen Fragmentspektren. Der praktische Teil "NMR" vermittelt die Einführung in NMR-Auswertesoftware und die Analyse von NMR-Daten bioorganischer Verbindungen am Beispiel von Kohlenhydraten sowie Peptiden.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Strukturbioogie I: 2 SWS Übungen Strukturbioogie I: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: Keine
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Voraussetzungen zur Modulprüfung: Regelmäßige Teilnahme an den praktischen Übungen (Anwesenheitspflicht) Modulprüfung und -sprache: Klausur (90 Minuten) Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Strukturbioogie I: 3 LP Übungen Strukturbioogie I: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 2 Biochemie/Chemie, empfohlenes Semester: 6
Titel	Strukturbiologie II
Sigle	CHE 412
Qualifikationsziele	Die Studierenden verfügen über fundiertes Wissen über die Grundlagen der Methoden und Vorgehensweisen zur Struktur-Funktions-Analyse von Biomolekülen als auch die Nutzung entsprechender Programmsysteme und Datenbanken. Sie besitzen ein vertieftes Verständnis der Anwendung von cryo-EM zu Strukturanalysen. Sie erlernen die Vor- und Nachteile der verschiedenen Ansätze.
Inhalte	Die Vorlesung behandelt kryogene Elektronenmikroskopie (Cryo-EM) und deren Anwendung zur Strukturaufklärung von Biomolekülen (Proteinen, Nukleinsäuren usw.) mit Schwerpunkt auf dem Struktur-Funktions-Zusammenhang. Es werden die Grundlagen der Cryo-EM erläutert, darunter Einzelpartikel-Kryo-EM (SPA-Cryo-EM) und Kryo-Elektronentomographie (Cryo-ET), die als komplementäre Methoden zur Strukturaufklärung von Biomolekülen ex vivo bzw. in situ gelten. Zusätzlich werden weitere experimentelle und theoretische Techniken der Strukturbiologie besprochen, darunter Röntgenbeugung, Molekulardynamiksimulationen und Strukturvorhersagealgorithmen auf Basis von Deep Learning. Die Übungen dienen der Vertiefung der Vorlesungsinhalte anhand von Beispielen und Publikationen. Im Praktikum wenden die Studierenden spezifische Protokolle und Software zur Bildverarbeitung, Molekülmodellierung und Visualisierung an, um die Strukturen verschiedener Moleküle anhand eines gegebenen Satzes von Cryo-EM-Bildern zu bestimmen.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Strukturbiologie II: 2 SWS Übungen Strukturbiologie II: 1 SWS Praktikum Strukturbiologie II mit Begleitseminar: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: Keine
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: erfolgreiche Teilnahme an den Übungen (unbenotete Präsentation einzelner Übungsaufgaben) und am Praktikum (unbenotete Testate auf Protokolle), sowie aktive Teilnahme am Begleitseminar Modulprüfung und -sprache: Klausur (90 Minuten) Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Strukturbiologie II: 3 LP Übungen Strukturbiologie II: 1 LP Praktikum Strukturbiologie II mit Begleitseminar: 2 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 2 Biochemie/Chemie, empfohlenes Semester: 5
Titel	Theoretische Chemie
Sigle	CHE 015 CIS
Qualifikationsziele	Die Studierenden sind in der Lage, allgemeine Prinzipien und Modelle der Theoretischen Chemie zu diskutieren. Auf dieser Basis können sie zwischen den unterschiedlichen elektronischen Strukturen von Molekülen und Festkörpern differenzieren und die Unterschiede analysieren und vergleichen. Im Projekt werden die gelernten Verfahren praktisch in Computerprogramme umgesetzt.
Inhalte	Quantenmechanische Modelle, Elektronische Struktur von Molekülen (Hückel) und Festkörpern (Bandstrukturen) – im Detail: Grundlagen Quantenmechanik, Born-Oppenheimer-Näherung, Potentialenergiehyperflächen, Strukturoptimierung, Infrarotspektroskopie und Übergangszustände, genähertes Lösen der elektronischen Schrödingergleichung, Pauli-Prinzip und Slater-Determinante, Variationstheorie, Optimieren unter Nebenbedingungen, Hartree-Fock-Gleichungen, LCAO-Methode, Hückel-Theorie, Elektronenkorrelation, Dichtefunktionaltheorie (DFT), Basissätze in der Praxis, Festkörper (Bandstrukturen).
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Theoretische Chemie: 1 SWS Übungen Theoretische Chemie: 1 SWS Projekt Theoretische Chemie: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: CHE 002 A, CHE 070 A, CHE 071, CHE 072; für das Projekt: Programmierkenntnisse
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Voraussetzungen für die Modulabschlussprüfung sind die regelmäßige Teilnahme in den Übungen und im Projekt (Anwesenheitspflicht) und die Präsentation einzelner Übungsaufgaben sowie der Projektabschluss (unbenotet). Modulprüfung und -sprache: Klausur Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilen	Vorlesung Theoretische Chemie: 1,5 LP Übungen Theoretische Chemie: 1,5 LP Projekt Theoretische Chemie: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 2 Vertiefung Chemie, empfohlenes Semester: 4
Titel	Physikalische Chemie II: Einführung in die Quantenmechanik
Sigle	CHE 070 A
Qualifikationsziele	Das Ziel dieses Moduls ist die Schaffung grundlegender Kenntnisse über die allgemeinen Prinzipien der Quantenmechanik. Ihre Bedeutung und ihre Notwendigkeit werden von den Studierenden erkannt. Sie sind vertraut mit dem Prinzip des Welle-Teilchen-Dualismus. Die Studierenden sind in der Lage, zwischen Operatoren und Observablen zu differenzieren und können die Schrödinger-Gleichung auf einfache Systeme anwenden. Die Studierenden sind befähigt, das Teilchen-im-Kasten-Modell zu erklären und ihre erlangten Kenntnisse auf die quantenmechanische Beschreibung des Wasserstoffatoms anzuwenden.
Inhalte	Versagen der klassischen Physik, Einführung in die Quantentheorie: Photoelektrischer Effekt, Planck'sches Strahlungsgesetz, Welle-Teilchen-Dualismus. Schröder-Gleichung, Postulate der Quantenmechanik, Operatoren und Observablen, Heisenberg'sche Unschärferelation, exakte analytische Lösung der Schrödinger-Gleichung für einfache Systeme, Teilchen-im-Kasten-Modell, Wasserstoffatom, Elektronenspin.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Physikalische Chemie II: Einführung in die Quantenmechanik: 2 SWS Übungen Physikalische Chemie II: Einführung in die Quantenmechanik: 1 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: CHE 002 A
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Klausur Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Physikalische Chemie II: Einführung in die Quantenmechanik: 3 LP Übungen Physikalische Chemie II: Einführung in die Quantenmechanik: 1,5 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	4,5 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 2 Biochemie/Chemie, empfohlenes Semester: 6
Titel	Physikalische Chemie IV: Atom- und Molekülspektroskopie
Sigle	CHE 072
Qualifikationsziele	Die Studierenden können Mehrelektronensysteme beschreiben und verstehen ihr Aufbauprinzip. Sie sind in der Lage, quantenmechanische Modelle zur Beschreibung von Molekülrotation- und Molekülschwingung wiederzugeben. Die Studierenden können diese Modelle auf das Auftreten spektroskopischer Übergänge anwenden und zwischen verschiedenen Übergängen differenzieren.
Inhalte	Mehrelektronensysteme, Pauli-Prinzip, Hund'sche Regeln, Aufbauprinzip, Moleküle und chemische Bindungen, quantenmechanische Oszillator- und Rotator-Modelle, Spektroskopie der Elektronen-, Rotations- und Schwingungsübergänge.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Physikalische Chemie IV: Atom- und Molekülspektroskopie: 2 SWS Übungen Physikalische Chemie IV: Atom- und Molekülspektroskopie: 1 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: CHE 002 A, CHE 070 A
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Klausur Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Physikalische Chemie IV: Atom- und Molekülspektroskopie: 3 LP Übungen Physikalische Chemie IV: Atom- und Molekülspektroskopie: 1,5 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	4,5 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 2 Biochemie/Chemie, empfohlenes Semester: 5
Titel	Anorganische Chemie III
Sigle	CHE 016
Qualifikationsziele	Die Studierenden sind in der Lage die grundlegenden Konzepte auf dem Gebiet der Molekül- und Koordinationschemie tiefergehend zu analysieren. Sie haben zudem fundiertes Wissen in der Organometallchemie erworben, können Synthesen und Anwendungen diskutieren, Katalysezyklen konstruieren und Struktur/Eigenschaftsbeziehungen und passende analytische Methoden herausarbeiten.
Inhalte	Koordinationschemie, Molekülchemie der Nichtmetalle, Organometallchemie der Hauptgruppen- und Übergangsmetalle, Synthesen und Anwendungen, Katalysezyklen, Struktur und davon abgeleitete Eigenschaften: Spektroskopie (IR, NMR, UV/vis), Elektro-, Photo- und Magnetochemie und zugehörige analytische Methoden
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Anorganische Chemie III: 3 SWS Übungen Anorganische Chemie III: 1 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: CHE 080 A
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Klausur Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Anorganische Chemie III: 4,5 LP Übungen Anorganische Chemie III: 1,5 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 2 Biochemie/Chemie, empfohlenes Semester: 4/6
Titel	Organische Chemie III
Sigle	CHE 017
Qualifikationsziele	Die Studierenden besitzen vertiefte Fachkompetenz auf dem Gebiet der organischen Chemie mit einem besonderen Schwerpunkt auf komplexen Reaktionsmechanismen und modernen Syntheseverfahren zur stereoselektiven sowie zur stereospezifischen Synthese. Sie kennen die Prinzipien stereoselektiver Synthesemethoden und relevante Modellvorstellungen zur Interpretation und Vorhersage der Selektivität stereoselektiver Reaktionen. Sie können die Produktbildung und Selektivitäten bei stereoselektiven Reaktionen analysieren und interpretieren sowie die Machbarkeit und Selektivität unbekannter Transformationen vorhersagen. Sie können Syntheseverfahren hinsichtlich ihrer Effizienz analysieren und bewerten und können eigenständig diastereo- und enantioselektive Synthesen chiraler Zielmoleküle konzipieren und planen. Sie beherrschen Methoden zur Analyse von Reaktionsmechanismen, Intermediaten und Produkten bzw. Gemischen.
Inhalte	Prinzipien der Stereochemie, stereoselektiver Synthese, komplexer Reaktionsmechanismen und moderner Syntheseverfahren: Stereochemie (Begriffe, Definitionen, Typen chiraler Moleküle, Nomenklatur); Verfahren zur Bestimmung der absoluten Konfiguration und zur Bestimmung der optischen Reinheit; Enantiomerentrennung Stereoselektive Synthese: Chiral Pool-Synthese, Chirale Auxiliare (z.B. Enders, RAMP/SAMP, Evans (Oxazolidinone), Seebach (Tad-dole)), Reagenz-, Substrat- und Ligand-kontrollierte Synthesen, Zimmermann-Traxler-Übergangszustand, doppelte Stereodifferenzierung, Hammond-Postulat; asymmetrische Katalyse (z. B. Sharpless-Oxidationen; Enzyme in der Synthese); Stereochemie dynamischer Prozesse Einfluss der Konformation auf Reaktivität (Anomerer Effekt, gauche-Effekt), Carbonylreaktionen mit C- und H-Nucleophilen (Stereoselektivität und Modellvorstellungen: Cram-Modell, anti-Cram-Produkte, Felkin-Anh-Modell, Cram-Chelat-Kontrolle; Substrat- versus Reagenzkontrolle; Curtin-Hammett-Prinzip) Eliminierungen (Produktkontrolle; E-, Z-selektive Synthesemethoden und Olefinierungen) Übergangsmetall-katalysierte Reaktionen (Alkenylierungen, Arylierung, Alkinylierung, Metathese) 13C- und 2D-NMR sowie die Kombination von NMR mit anderen spektroskopischen Methoden wie IR, UV/Vis und MS sowie die Bestimmung von Enantiomerenüberschüssen mittels NMR
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Organische Chemie III: 3 SWS Übungen Organische Chemie III: 1 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: CHE 081 A
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Klausur Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.

Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Organische Chemie III: 4,5 LP Übungen Organische Chemie III: 1,5 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 2 Biochemie/Chemie, empfohlenes Semester: 5/6
Titel	Biochemie – Praktikumsmodul
Sigle	CHE 021 B
Qualifikationsziele	Die Studierenden können moderne Methoden der Proteinanalytik und der Molekularbiologie erklären und diese bei praktischen Fragestellungen anwenden und ihre Ergebnisse interpretieren.
Inhalte	Es werden moderne Methoden der Proteinreinigung und Analytik (SDS-PAGE, Western-Blot, ELISA) sowie der Molekularbiologie (PCR, Southern-Blot, Klonierung, Mutagenese) praktisch angewendet.
Lehr- und Lernformen	Praktikum Biochemisches Praktikum: 6 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: CHE 021 A Empfohlen: CHE 008
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Voraussetzungen zur Modulprüfung: Praktikumsabschluss (Testate auf vier Protokolle und zwei mündliche Zwischenprüfungen). Modulprüfung und -sprache: Mündliche Prüfung Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Praktikum Biochemisches Praktikum: 6 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Jedes Semester, jährlich Das Praktikum wird während der Vorlesungszeit oder als Block in der vorlesungsfreien Zeit angeboten. Es kann im Sommer- oder Wintersemester durchgeführt werden. Es findet an 18 Tagen zu je 6 Stunden statt.

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 2 Biochemie/Chemie, empfohlenes Semester: 6
Titel	Computerchemie – Vorlesungsmodul
Sigle	CHE 026 A
Qualifikationsziele	Die Studierenden sind in der Lage, die theoretischen Grundlagen chemischer Simulationen und datenbasierter Methoden in der Chemie zu erklären und zu diskutieren, sie zur Lösung konkreter chemischer Fragestellungen anzuwenden, sowie problemspezifisch geeignete Modellparameter und Näherungen auszuwählen. Sie sind ferner in der Lage, verschiedene Näherungen in chemischen Simulationen zu vergleichen und zu bewerten.
Inhalte	• Grundlagen von Kraftfeldmethoden, Anwendungsbeispiele (z.B. nichtbindende Wechselwirkungen, Moleküle in Lösungen) • Molekulardynamik-Simulationen, gemittelte Moleküleigenschaften • Statistische Fehleranalyse • Molekülstrukturoptimierung mit ausgewählten Anwendungen, z.B. für die Übergangszustandssuche und Berechnung von Reaktionsprofilen • Thermodynamische Korrekturen zu Molekül-Berechnungen (Bedeutung der Entropie), Übergangszustandstheorie • Theoretische Grundlagen ausgewählter Machine-Learning-Algorithmen wie Gaussian Process Regression • Vergleich ausgewählter Deskriptoren für das maschinelle Lernen in der Chemie • Dimensionsreduktion und Clustering-Algorithmen in der Chemie • Dichtefunktionaltheorie • Elektronenkorrelation und Dissoziationskurven • Chemische Bindung im Festkörper und an Oberflächen • Bandstrukturen und Zustandsdichten • Berechnung von IR-Schwingungsspektren
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Molekulardynamik und maschinelles Lernen: 2 SWS Vorlesung Dichtefunktionaltheorie und chemische Bindung: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: CHE 002 A, CHE 070 A
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Klausur Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilen	Vorlesung Molekulardynamik und maschinelles Lernen: 3 LP Vorlesung Dichtefunktionaltheorie und chemische Bindung: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP

Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 2 Biochemie/Chemie, empfohlenes Semester: 5
Titel	Organische Chemie von Nanomaterialien
Sigle	CHE 031
Qualifikationsziele	Nach erfolgreichem Bestehen können die Studierenden den Zusammenhang zwischen molekularer Struktur und Materialeigenschaften von organischen Nanomaterialien erklären; sind die Studierenden mit dem Aufbau von organischen elektronischen Bauteilen ("Devices", z.B. Transistoren) und der Synthese wichtiger Stoffklassen der organischen Elektronik vertraut; haben die Studierenden ein Verständnis des Designs funktionaler organischer Nanomaterialien und der Herstellung von Systemen mit maßgeschneiderten Eigenschaften können die Studierenden ausgewählte Aspekte selbstständig vorbereiten und allgemein verständlich aufbereiten bzw. präsentieren. können die Studierenden sich aktuelle Fachliteratur selbstständig erschließen.
Inhalte	In diesem Modul sollen die Studierenden mit den im Bereich der organischen Elektronik verwendeten Bauteile (z.B. organische Feldeffekttransistoren OFETs) und deren Materialien (z.B. polymere Halbleiter, Dopanden) vertraut gemacht werden. Ausgewählte Materialklassen werden vorgestellt und ihre Synthese, Eigenschaften und Anwendungen diskutiert. Die Veranstaltung gewährt einen Einblick in das Design funktionaler organischer und polymerer Materialien für elektronische Anwendung, in die Herstellung von Systemen mit maßgeschneiderten Eigenschaften (z.B. dehnbare Halbleiter) und deren Verarbeitung zu funktionierenden Bauteilklassen. Besonderer Fokus liegt der Zusammenhang zwischen der molekularen Struktur von Verbindungen und ihren Eigenschaften auf molekularer Ebene sowie als Funktionsmaterial im System der Anwendung.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Organische Chemie von Nanomaterialien: 3 SWS Seminar Organische Chemie von Nanomaterialien: 1 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: CHE 081 A
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Eigenständige Vorbereitung und Präsentation eines Referats zu einer ausgewählten Fragestellung (25 %) und Klausur (75 %) Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Organische Chemie von Nanomaterialien: 4,5 LP Seminar Organische Chemie von Nanomaterialien: 1,5 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 2 Biochemie/Chemie, empfohlenes Semester: 5
Titel	Quantenchemie I
Sigle	CHE 107
Qualifikationsziele	Die Studierenden sind in der Lage, die theoretischen Grundlagen der Hartree-Fock-Theorie und der Dichtefunktionaltheorie zu erklären, vergleichend zu diskutieren und zu bewerten, sowie sich diese Grundlagen eigenständig abzuleiten basierend auf den Grundlagen der Quantenmechanik.
Inhalte	- Grundlagen der Quantenmechanik: Operatoren und Observablen, Erwartungswerte, zeitabhängige und zeitunabhängige Schrödingergleichung; Konstruktion des Hamiltonoperators für Moleküle; Born-Oppenheimer-Näherung; Pauli-Prinzip; Näherungsansätze für die Wellenfunktion (Hartree-Produkt, Slaterdeterminante, Spin- und Raumorbitale); Interpretation der Wellenfunktion als Wahrscheinlichkeitsdichte; Variationsprinzip; Störungstheorie; Atomare Einheiten - Mathematische Einführung: Vektoren; Matrizen; Determinanten; Unitäre Transformationen; Eigenwertgleichungen; lineare Operatoren - Hartree-Fock-Theorie: Definition von Slater-Determinanten über den Antisymmetrisierungsoperator; Erwartungswerte und Matrixelemente von Ein- und Zweiteilchenoperatoren für Slaterdeterminanten (insbesondere Energieerwartungswert); Coulomb- und Austauschintegrale; Coulomb-, Austausch- und Fock-Operator; Ableitung der Hartree-Fock-Gleichungen anhand des Variationsprinzips; Invarianz von Erwartungswerten unter unitären Transformationen der Orbitale; Koopmans Theorem; Brillouin-Theorem; Hartree-Fock-Theorie für Closed-Shell-Systeme (Restricted Hartree-Fock, RHF); Hartree-Fock-Gleichungen in Basisdarstellung – Dichtematrix; Fockmatrix – Symmetrische Orthogonalisierung der Basis; Self-Consistent-Field-Algorithmus; Moleküleigenschaften aus Hartree-Fock-Theorie in Basisdarstellung; Populationsanalyse; Hartree-Fock-Theorie für Open-Shell-Systeme (Unrestricted Hartree-Fock (UHF)); Basissätze in praktischen quantenchemischen Berechnungen; Grenzen der Anwendbarkeit - Einführung Dichtefunktionaltheorie (DFT): Hohenberg-Kohn-Theoreme; Kohn-Sham-DFT; technischer und konzeptioneller Vergleich mit der Hartree-Fock-Theorie; Grenzen der Anwendbarkeit
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Quantenchemie I: 2 SWS Übungen Quantenchemie I: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: CHE 071, CHE 072

Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Klausur Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Quantenchemie I: 3 LP Übungen Quantenchemie I: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 2 Biochemie/Chemie, empfohlenes Semester: 4/6
Titel	Nanochemie – Vorlesungsmodul
Sigle	CHE 111 A
Qualifikationsziele	Nach Abschluss der Lehrveranstaltung sind die Studierenden in der Lage, mögliche Synthesewege für Nanokristalle und biokompatible Nanopartikel zu erinnern und diese auf unbekannte Probleme zu übertragen, um geeignete Synthesewege zu skizzieren und vorzubereiten. Des Weiteren verstehen die Studierenden die grundlegenden Konzepte der biologischen Markierung und können diese mit den heutzutage verwendeten Methoden der Fluoreszenzspektroskopie und der kernmagnetischen Resonanztomographie verknüpfen, die letzteren zu erklären und die geeignete Methodenwahl im experimentellen Kontext basierend auf diesem Wissen bestimmen. Auch verstehen die Studierenden die Grundlagen der spezifischen Wirkstoffanreicherung und können diese wiedergeben.
Inhalte	Synthese biokompatibler Nanopartikel, Konzepte der biologischen Markierung und der molekularen Bildgebung, moderne Methoden der Fluoreszenzspektroskopie in der Nanobiochemie, kernmagnetische Resonanztomographie, Synthesekonzepte für nanopartikuläre Kontrastmittel, Grundlagen spezifischer Wirkstoffanreicherung.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Nanochemie: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: CHE 002 A, CHE 070 A
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Voraussetzungen zur Modulprüfung: Keine Modulprüfung und -sprache: In der Regel Klausur; abweichend mündliche Prüfung (benotet) Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Nanochemie: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	3 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 2 Biochemie/Chemie empfohlenes Semester: 6
Titel	Kristallstrukturanalyse
Sigle	CHE 127
Qualifikationsziele	Die Studierenden sollten nach Abschluss des Moduls alle Vorgänge, die beim Durchgang von Röntgenstrahlung durch kristalline Materie passieren, verstanden haben und in der Lage sein, diese zu skizzieren. Die Studierenden sollten nach Abschluss des Moduls die Gesamtheit der Merkmale eines Beugungsmusters erklären können. Die Studierenden sollten nach Abschluss des Moduls die wesentlichen Unterschiede beim experimentellen Aufbau und den experimentellen Anforderungen hinsichtlich der Strukturaufklärung von Kleinmolekülen und biologischen Makromolekülen vergleichend erklären können. Die Studierenden sollten nach Abschluss des Moduls ebenso die Limitationen und Möglichkeiten der Struktur-Funktions-Analyse von Biomakromolekülen unter Nutzung moderner Synchrotrone und freier Elektronenlaser benennen und erklären können. Die Studierenden sollten nach Abschluss des Moduls in der Lage sein, die Programme zur Auswertung von Einkristalldatensätzen von kleinen Molekülen und Biomakromolekülen zu bedienen und die Güte der selbständig verfeinerten Strukturmodelle zu beurteilen.
Inhalte	Entdeckung und Natur der Röntgenstrahlung (W.C. Röntgen), erstes Röntgenbeugungsexperiment an Kristallen durch Max v. Laue, Erzeugung von Röntgenstrahlen durch Röntgenröhren, Synchrotronquellen, Spektrum einer Röntgenröhre, Monochromatisierung von Röntgenstrahlen, Entstehung von Beugungsbildern (Streuung und Interferenz), Braggsches Gesetz und Miller-Indizes, reales und reziprokes Gitter, Symmetrie des Beugungsmusters, Laueklassen, Friedelsches Gesetz, Ewald-Kugel, Intensität von Röntgenreflexen, Atomformfaktor, Temperaturfaktor, Fehlordnungen, Strukturamplitude und -faktor, Euler'sche Formel, vom Beugungsbild zur Kristallstruktur, Raumgruppenbestimmung, systematische Auslöschungen, Fouriertransformationen, Phasenproblem, Patterson-Methode, direkte Methoden, Charge-Flipping-Algorithmus, Aufbau und Funktion von Biomakromolekülen, Methoden zur Erzeugung von Proteinkristallen, Phasierungsmethoden zur Lösung des Phasenproblems bei Biomakromolekülen, Iterativer Modellbau und Strukturverfeinerung. Praktischer Umgang mit den Programmen ShelXTL, WinGX, Phenix, Coot und Pymol.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Kristallstrukturanalyse: 1 SWS Übungen Praktische Übungen zur Kristallstrukturanalyse: 2 SWS Vorlesung Kristallstrukturanalyse von Proteinen: 0,5 SWS Übungen Praktische Übungen zur Strukturanalyse von Proteinen: 0,5 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: Kenntnisse in Festkörper- und Strukturchemie sowie Symmetrie

Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: In der Regel mündliche Prüfung; abweichend Klausur (benotet). Prüfungssprache: I.d.R. Deutsch. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Kristallstrukturanalyse: 1,5 LP Übungen Praktische Übungen zur Kristallstrukturanalyse: 3 LP Vor- lesung Kristallstrukturanalyse von Proteinen: 0,75 LP Übungen Praktische Übungen zur Strukturanalyse von Proteinen: 0,75 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 2 Biochemie/Chemie, empfohlenes Semester: 5
Titel	Quantenchemie II
Sigle	CHE 135
Qualifikationsziele	Die Studierenden sind in der Lage, die theoretischen Grundlagen korrelierter Wellenfunktions- und dichtefunktionaltheoretischer Methoden zu erklären, vergleichend zu diskutieren und zu bewerten, sowie sich diese Grundlagen eigenständig abzuleiten basierend auf den Grundlagen der Quantenmechanik. Dazu lernen Sie die mathematischen Grundlagen der zweiten Quantisierung kennen und können damit theoretische Modelle ableiten, analysieren und vergleichen. Sie kennen die Grenzen der Gültigkeit verschiedener Näherungen und können für eine konkrete Fragestellung die Wahl einer geeigneten Näherung begründen und hinterfragen.
Inhalte	• Wiederholung: Grundlagen der Quantentheorie und Hartree-Fock-Theorie • Vertiefung Born-Oppenheimer-Näherung (Grenzen der Gültigkeit) • Zweite Quantisierung • Multikonfigurationsmethoden: MCSCF/CASSCF, Configuration Interaction (CI) • Störungstheoretische Methoden: MP2, CASPT2 • Coupled-Cluster-Ansätze • Dichtefunktionaltheorie (DFT): Vertiefung formaler Aspekte • Fakultativ: zeitabhängige Methoden, neue Korrelationsmethoden, Elektronentransfer und -transport, Green's-Funktionen in der Chemie, Relativistische Quantenchemie, magnetische Eigenschaften
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Quantenchemie II: 2 SWS Übungen Quantenchemie II: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: CHE 071, CHE 072, CHE 107
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Mündliche Prüfung Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Quantenchemie II: 3 LP Übungen Quantenchemie II: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 2 Biochemie/Chemie, empfohlenes Semester: 6
Titel	Zellbiologie – Vorlesungsmodul
Sigle	CHE 414 A
Qualifikationsziele	Die Studierenden beherrschen wichtige zelluläre Vorgänge auf molekularer Ebene.
Inhalte	In der Vorlesung werden die Funktionsweisen eukaryontischer Zellen behandelt. Dabei geht es um Kompartimente und Zellorganelle, Proteintargeting, Proteinglykosylierung, Proteinqualitätskontrolle, Vesikulärer Transport, Signaltransduktion, Aufbau des Zytoskeletts, Funktion molekularer Motoren, Bewegung von Zellen, Zelladhäsion, Aufbau und Funktion der Extrazellulären Matrix, Steuerung und Kontrolle der Zellteilung, Bewegung von Zellen, zelluläre Kommunikation, Apoptose, Signaltransduktion Ursachen und Therapieansätze bei Krebserkrankungen sowie Eigenschaften und Manipulation von und Stammzellen. Im Seminar wird das Wissen anhand aktueller Literatur ausgebaut.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Zellbiologie: 2 SWS Übungen Zellbiologie: 1 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: CHE 021 A
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Voraussetzungen zur Modulprüfung: Eine regelmäßige Bearbeitung des Wikis Modulprüfung und -sprache: Klausur (90 Minuten) Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Zellbiologie: 3 LP Übungen Zellbiologie: 1,5 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	4,5 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Biochemie/Chemie: Wahlpflicht 2 Biochemie/Chemie empfohlenes Semester: 5
Titel	Biochemie und Molekularbiologie II
Sigle	CHE 425
Qualifikationsziele	Die Studierenden verfügen über eine fundierte Fachkompetenz in den Bereichen Biochemie und Molekularbiologie. Sie besitzen umfangreiches Wissen und ein vertieftes Verständnis der Prozesse, die im Rahmen des zentralen Dogmas des Lebens ablaufen. Zudem haben sie wertvolle molekulare Einblicke in die DNA-Replikation, RNA-Transkription und Proteinsynthese gewonnen.
Inhalte	Die Vorlesung behandelt umfangreich die Replikation der DNA, die Transkription der DNA in mRNA sowie die Translation der mRNA in Proteine, sowohl in Bakterien als auch in Eukaryoten. Darüber hinaus führt die Vorlesungsreihe in die Struktur der genomischen DNA ein, einschließlich der Histone und des Chromatins. Die Prozesse der DNA-Schädigung und -Reparatur, ebenso wie die DNA-Rekombination (NHEJ und HDR) sowie die homologe Rekombination, werden eingehend behandelt. Ein spezieller Fokus liegt auf der Transkription, wobei auch die RNA-Verarbeitung, einschließlich der Modifikationen von rRNA und tRNA sowie des RNA-Spleißens, angesprochen wird. Die Vorlesung hebt sowohl die Ähnlichkeiten als auch die Unterschiede zwischen der bakteriellen und der eukaryotischen Translation hervor. Zudem wird die fundierte Fachkompetenz in der Translationsregulation und -hemmung thematisiert. Im Rahmen des Seminars vertiefen die Studierenden die Inhalte der Vorlesung durch eigene Präsentationen. Dies fördert nicht nur ihr kritisches Literaturverständnis, sondern auch ihre Fähigkeiten im Präsentieren wissenschaftlicher Arbeiten.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Molekularbiologie: 2 SWS Seminar Molekularbiologie: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: CHE 008 Empfohlen: Kenntnisse Biochemie und Molekularbiologie
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Voraussetzungen zur Modulprüfung: Referat zum Seminar (unbenotet) Modulprüfung und -sprache: Klausur Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Molekularbiologie: 3 LP Seminar Molekularbiologie: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

5. Module der Lehreinheit Physik

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Pflicht, empfohlenes Semester: 1
Titel	Proseminar CiS-Physik
Sigle	PHY-CiS-PS
Qualifikationsziele	Die Studierenden können aktuelle Forschungsthemen an der Schnittstelle von Informatik und Physik beschreiben und die praktische Relevanz computergestützter Methoden in der Physik beispielhaft erklären. Sie sind in der Lage, sich unter Betreuung der Lehrenden in ein klar definiertes wissenschaftliches Thema einzuarbeiten, dieses zielgruppengerecht aufzubereiten, angemessen zu präsentieren und im Plenum zu diskutieren
Inhalte	Das Proseminar bietet einen ersten Überblick über aktuelle Forschung an der Schnittstelle von Informatik und Physik. In einem einführenden Teil lernen die Studierenden die praktische Relevanz computergestützter Methoden in der Physik kennen. Dazu werden beispielsweise typische Forschungsthemen oder Berufsfelder skizziert und die Schnittstelle zur Informatik in anschließend offener oder angeleiteter Gruppendiskussion beleuchtet, oder auch erste praxisnahe Erfahrungen im Rahmen von Exkursionen zu Forschungseinrichtungen der Universität und ihrer Kooperationspartner ermöglicht. Der Hauptteil des Proseminars besteht in der Erarbeitung und Präsentation klassischer oder aktueller wissenschaftlicher Themen aus verschiedenen Bereichen der Physik jeweils mit einem Blick auf die Computing-Aspekte (z.B. Standardmodell und Analyse von LHC-Daten). Die Auswahl der Themen wird den Studierenden weitgehend überlassen, sodass sie auf ihr Vorwissen zurückgreifen und ihre Motivation und Interessen für das Studienfach einfließen lassen können. Ein wesentliches Ziel der Vorträge und der sich jeweils anschließenden Diskussion ist es, die anderen Seminarteilnehmenden dazu zu motivieren, sich mit neuen Themenfeldern argumentativ auseinanderzusetzen.
Lehr- und Lernformen	Proseminar CiS-Physik: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: Keine
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Referat in der Regel in deutscher Sprache; Abweichungen werden vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Proseminar CiS-Physik: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	3 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Pflicht, empfohlenes Semester: 3
Titel	Physikalisches Praktikum I für Studierende der Naturwissenschaften
Sigle	PHY-AP 1
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben die Fähigkeit, naturwissenschaftliche Sachverhalte zu erfassen, zu formalisieren und dazustellen. Im Einzelnen: • Kenntnisse der experimentellen Methoden und Instrumente der Physik. • Fähigkeit zur praktischen Anwendung und Überprüfung der im Modul Physik I erlernten Gesetze in einfachen Versuchsaufbauten, die teilweise selbst zu erstellen sind. • Kritischer Umgang mit Messergebnissen; Abschätzung von Fehlern und deren Ursache. • Fähigkeit zur Anfertigung von Messprotokollen, zur mündlichen und schriftlichen Darstellung von Versuchsdurchführung, Messergebnissen und deren Interpretation • Fähigkeit zur Durchführung von Projekten im Team.
Inhalte	Grundlegende Versuche aus den Bereichen Mechanik und Wärmelehre, Elektrizität und Magnetismus, Wellen.
Lehr- und Lernformen	Praktikum I: 5 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: PHY-E1
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Der Nachweis über die erfolgreiche Durchführung der Versuche und die Anfertigung der dazugehörigen Versuchsprotokolle erfolgt in der Regel über Testate. Modulprüfung und -sprache: Erfolgreicher Praktikumsabschluss Benotung: Die Modulprüfung wird mit "bestanden" bzw. "nicht bestanden" bewertet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Praktikum I: 8 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	8 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Jedes Semester Angebot zweimal pro Semester: vorlesungsbegleitend oder als Blockveranstaltung in der vorlesungsfreien Zeit

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Pflicht, empfohlenes Semester: 5
Titel	Computational Physics
Sigle	PHY-CiS-CP
Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen grundlegende Klassen physikalischer Probleme und können physikalische Probleme in numerische Algorithmen übertragen.
Inhalte	• Klassische Vielteilchen-Probleme, nichtlineare Dynamik • Molekulardynamik • Klassische statistische Mechanik, Ising-Modell • Zeitunabhängige und zeitabhängige quantenmechanische Probleme • Ritzsches Prinzip, Dichtefunktionaltheorie • Exakte Diagonalisierung von Quanten-Vielteilchen-Systemen • Renormierungsgruppen-Verfahren
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Computational Physics: 4 SWS Übungen Computational Physics: 1 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: MATH1-CiS, MATH2-CiS, MATH3-CiS, PHY-E1, PHY-E2, PHY-T2
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Die Zulassung zu Modulprüfung setzt die aktive Teilnahme an der Lehrveranstaltung voraus. Modulprüfung und -sprache: Mündliche Prüfung in der Regel in deutscher Sprache. Abweichungen werden vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Computational Physics: 4 LP Übungen Computational Physics: 2 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Pflicht, empfohlenes Semester: 5
Titel	Projekt CiS-Physik
Sigle	PHY-CiS-Projekt
Qualifikationsziele	Die Studierenden können eine wissenschaftliche Fragestellung im Themengebiet des Projekts (siehe Inhalte) selbstständig erarbeiten und sind in der Lage; die Konzeption, Planung und Realisierung eines Projekts zur Lösung einer größeren wissenschaftlichen Aufgabe durchzuführen. Sie beherrschen den Umgang mit Software im Themengebiet des Projekts und haben die Fähigkeit zur Durchführung naturwissenschaftlich-orientierter Softwareentwicklung (Modellierung, Software-Design, Implementierung) im Team erlangt.
Inhalte	Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines größeren Softwaresystems zur Lösung eines vorgegebenen wissenschaftlichen Problems aus der Physik. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die computergerechte Modellierung der wissenschaftlichen Fragestellung und auf eine strukturierte Vorgehensweise bei der Softwareentwicklung gelegt. Neben der eigentlichen Implementierung werden zentrale Entwicklungsdokumente, wie z.B. Quellcode- und Software-Dokumentation, erstellt. Die resultierende Software wird im Rahmen einer Abschlussveranstaltung präsentiert.
Lehr- und Lernformen	Projekt CiS-Physik: 4 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: MATH1-CiS, MATH2-CiS, MATH3-CiS, PHY-E1, PHY-E2, PHY-T2
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Projektabschluss in der Regel in deutscher Sprache; Abweichungen werden vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Projekt CiS-Physik: 6 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Pflicht, empfohlenes Semester: 5
Titel	Seminar CiS-Physik
Sigle	PHY-CiS-Sem
Qualifikationsziele	Die Studierenden besitzen vertiefende, aktuelle Fachkenntnisse im Themengebiet des Seminars und besitzen die Fähigkeit zur selbstständigen Erarbeitung von wissenschaftlichen Sachverhalten auf der Basis von Originalpublikationen sowie zur Erstellung und Präsentation wissenschaftlicher Sachverhalte in mündlicher und schriftlicher Form.
Inhalte	In dem Seminar werden Themen aus der Physik mit Schwerpunkt Informatik auf der Basis aktueller wissenschaftlicher Publikationen in der Tiefe behandelt. Ein zugeordnetes Thema wird selbstständig auf der Basis von Originalliteratur erarbeitet und im Rahmen eines Referats und einer schriftlichen Seminararbeit präsentiert.
Lehr- und Lernformen	Seminar CiS-Physik: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: MATH1-CiS, MATH2-CiS, MATH3-CiS, PHY-E1, PHY-E2, PHY-T2
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Referat und schriftliche Ausarbeitung (eine Gesamtnote) in der Regel in deutscher Sprache ; Abweichungen werden vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Seminar CiS-Physik: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	3 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Jedes Semester

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Pflicht, empfohlenes Semester: 1
Titel	Physik I (Mechanik und Wärmelehre)
Sigle	PHY-E1
Qualifikationsziele	Die Studierenden verstehen die grundlegenden Phänomene der Mechanik und Wärmelehre und können sie erklären. Sie sind mit den Grundlagen theoretischer Begriffsbildung vertraut und beherrschen die dazugehörigen mathematischen Methoden. Sie verstehen den Zusammenhang zwischen experimenteller Beobachtung und theoretischer Beschreibung im Rahmen der Newton'schen Mechanik.
Inhalte	• Kinematik eines Massenpunktes/Vektoralgebra • Dynamik eines Massenpunktes/Differenzieren und einfache Differentialgleichungen • Arbeit und Energie, konservative Kräfte/Wegintegral, totales Differential, Gradient, Taylor-Entwicklung • Dynamik von Massenpunktsystemen • Gravitation und Keplersche Gesetze • Spezielle Relativität • Dynamik starrer Körper/Volumenintegral • Drehimpuls und Drehmoment • Mechanische Schwingungen/komplexe Zahlen, Schwingungsgleichung, Fourier-Reihe • Mechanische Wellen/Wellengleichung • Wärmelehre
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Physik I: 4 SWS Vorlesung Einführung in die Theoretische Physik I: 3 SWS Übungen Physik I und Einf. in die Th. Physik I: 3 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. wird mindestens eine Übungsgruppe in englischer Sprache angeboten.
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: Keine
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Klausur in der Regel in deutscher Sprache; Abweichungen werden vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilen	Vorlesung Physik I: 5 LP Vorlesung Einführung in die Theoretische Physik I: 4 LP Übungen Physik I und Einf. in die Th. Physik I: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	12 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Jedes Semester

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Pflicht, empfohlenes Semester: 2
Titel	Physik II (Elektrodynamik und Optik)
Signle	PHY-E2
Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen die grundlegenden Phänomene der Elektrizität, des Magnetismus und der Optik und können sie erklären. Sie sind mit den Grundlagen theoretischer Begriffsbildung klassischer Felder und dem Umgang mit den Rechenmethoden der Vektoranalysis vertraut. Sie verstehen den Zusammenhang zwischen experimenteller Beobachtung und theoretischer Beschreibung im Rahmen der Maxwell-Theorie.
Inhalte	• Elektrostatik/Vektoranalysis, mehrdimensionale Integrale, Integralsatz von Gauß, Kugel- und Zylinderkoordinaten, Poisson-Gleichung • Magnetismus/Integralsatz von Stokes • Elektrostatische Felder in Materie • Statische Magnetfelder in Materie • Elektrische Leitung/Kontinuitätsgleichung • Zeitabhängige elektromagnetische Felder/Erhaltungssätze • Wechselströme • Elektromagnetische Wellen/Fourier-Integrale • Geometrische Optik • Interferenz und Beugung • Elektrodynamik und Relativität
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Physik II: 4 SWS Vorlesung Einführung in die Theoretische Physik II: 3 SWS Übungen Physik II und Einf. in die Th. Physik II: 3 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. wird mindestens eine Übungsgruppe in englischer Sprache angeboten.
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: PHY-E1
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Klausur in der Regel in deutscher Sprache; Abweichungen werden vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Physik II: 5 LP Vorlesung Einführung in die Theoretische Physik II: 4 LP Übungen Physik II und Einf. in die Th. Physik II: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	12 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Jedes Semester

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Pflicht, empfohlenes Semester: 4
Titel	Theoretische Physik II (Quantenmechanik I)
Sigle	PHY-T2
Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen durch die systematische Behandlung die nichtrelativistische Quantenmechanik. Sie verstehen die grundsätzliche Erweiterung physikalischer Begriffsbildung gegenüber klassischer Physik und sind in der Lage, quantenmechanische Systeme mathematisch zu beschreiben.
Inhalte	• Hamilton-Formalismus, Poisson-Klammer • Schrödinger-Gleichung • Observable und Operatoren • Eigenwertprobleme für Operatoren • Wahrscheinlichkeitsinterpretation und Unschärferelationen • Eindimensionale Probleme • Zentralkraftproblem und Drehimpulsoperator • Pauli-Gleichung mit Magnetfeld • Störungstheorie, Fermis Goldene Regel • Mehrteilchensysteme, Fermi- und Bose-Vertauschungsregeln • Bellsche Ungleichung und verschränkte Zustände
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Theoretische Physik II: 4 SWS Übungen Theoretische Physik II: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. wird mindestens eine Übungsgruppe in englischer Sprache angeboten. Fachliteratur zur Vorlesung überwiegend in Englisch.
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: MATH1-CiS, MATH2-CiS, MATH3-CiS, PHY-E1, PHY-E2
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Klausur in der Regel in deutscher Sprache; Abweichungen werden vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Theoretische Physik II: 6 LP Übungen Theoretische Physik II: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	9 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Pflicht, empfohlenes Semester: 2
Titel	Wissenschaftliche Methoden zur Physik
Sigle	PHY-WM
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben grundlegende Fertigkeiten und Methoden zur Beschäftigung mit wissenschaftlichen Fragestellungen und Ergebnissen erlernt und können diese in Anwendungskontexten der Physik einsetzen.
Inhalte	Es werden Veranstaltungen zu unterschiedlichen Themen wie z.B. wissenschaftliches Rechnen, Darstellung wissenschaftlicher Ergebnisse, Erarbeitung und Verständnis fremdsprachiger wissenschaftlicher Texte aus dem Bereich Physik angeboten. Sie geben in der Regel erste Einblicke in die Thematik der Forschungsschwerpunkte des Fachbereichs Physik.
Lehr- und Lernformen	Seminar zu wissenschaftlichen Methoden zur Physik: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: Keine
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Die Zulassung zur Modulprüfung setzt die aktive Teilnahme an der fachlichen Diskussion voraus. Modulprüfung und -sprache: Projektabschluss. Die genauen Kriterien zur Zulassung zur Modulprüfung sowie ggf. Abweichungen von der Regel werden vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird mit "bestanden" bzw. "nicht bestanden" bewertet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Seminar zu wissenschaftlichen Methoden zur Physik: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	3 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 1 empfohlenes Semester: 5/6
Titel	Physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene (CiS)
Sigle	PHY-CiS-FP
Qualifikationsziele	Die Studierenden sind zur Lösung praktischer Problemstellungen der Physik befähigt. Sie kennen Schlüsselqualifikationen (insbesondere Methodenkompetenz, Arbeitsplanung, Sozialkompetenz/ Teamarbeit, Erstellung von Protokollen, Literaturrecherche) in Verbindung mit physikalischen Inhalten.
Inhalte	Die Versuche orientieren sich an den Forschungsschwerpunkten des Fachbereichs Physik und müssen so gewählt werden, dass die verschiedenen Forschungsschwerpunkte in angemessener Form erfasst werden.
Lehr- und Lernformen	Praktikum Physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene CiS B.Sc.: 7,5 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. deutsch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: PHY-E1, PHY-E2 Empfohlen: Keine
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Praktikumsabschluss in deutscher Sprache (Kolloquium und Testate der Praktikumsprotokolle) Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Praktikum Physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene CiS B.Sc.: 9 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	9 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Jedes Semester Blockveranstaltung in der vorlesungsfreien Zeit

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 1 empfohlenes Semester: 5
Titel	Physik III (Quantenphysik und Statistische Physik)
Sigle	PHY-E3
Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen die grundlegenden Konzepte und Methoden der Quantenphysik und statistischen Physik. Sie können die Regeln und Gesetzmäßigkeiten auf Probleme aus der Atomphysik und der kondensierten Materie anwenden.
Inhalte	• Experimentelle Grundlagen der Quantenphysik: Hohlraum-Strahlung, Photoeffekt, Compton-Effekt, Beugung von Materiewellen (Thomson/Davisson Germer Experimente), Entwicklung der Atomvorstellung (e/m-Thomson, Rutherford, Linienspektren, Bohr'sches Atommodell). • Einführung in die Wellenmechanik: de Broglie Wellen, Fourier-Synthese von Wellenpaketen, Heisenberg'sche Unschärfe-Relation für Wellenpakete, freie Schrödingergleichung, Propagation freier Wellenpakete. • 1D Schrödinger-Gleichung und Anwendungen: Stufen-Potential, Tunneleffekt, Potentialtopf, harmonischer Oszillator, optional: Zwei-Niveau Atom • Schrödingergleichung in 3 Dimensionen • Formale Grundlagen der Quantenmechanik: Physikalische Größen und ihre Darstellung durch Operatoren in Hilberträumen, Ortsoperator, Impuls-Operator, Energie-Operatoren, Schrödinger-Gleichung als Operator-Gleichung. Rolle von Eigenwerten und Eigenvektoren, Erwartungswert, Varianz, Heisenberg'sche Unschärfe-Relation für nicht kommutierende Operatoren, Postulate der Quantenmechanik. • Bahndrehimpuls und magnetisches Moment. • Das Wasserstoffatom, optional: Auswahlregeln für Dipolübergänge. • Normaler Zeeman-Effekt. • Stern-Gerlach-Experiment, Spin und magnetisches Moment des Elektrons. • Mehrteilchenwellenfunktionen, Bosonen und Fermionen, Atome mit mehreren Elektronen. • Optional: Verschränkung und Bell'sche Ungleichung. • Grundlagen der statistischen Physik, Mikro- und Makro-Zustände, Entropie. • Boltzman-Systeme. • Bose-Einstein und Fermi-Dirac Statistik. • Bose-Gase. • Fermi-Gase.
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Physik III: 4 SWS Übungen Physik III: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. wird mindestens eine Übungsgruppe in englischer Sprache angeboten.
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: PHY-E1, PHY-E2

Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Klausur in der Regel in deutscher Sprache; Abweichungen werden vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Physik III: 5 LP Übungen Physik III: 2 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	7 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Jedes Semester

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 1 empfohlenes Semester: 5
Titel	Theoretische Physik III (Statistik und Thermodynamik)
Sigle	PHY-T3
Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen durch eine systematische Behandlung die statistische und phänomenologische Thermodynamik und deren Quantenstatistik. Sie haben das Verständnis für das Konzept des statistischen Ensembles und für den Zusammenhang zwischen klassischer Thermodynamik und statistischer Physik. Sie sind fähig, makroskopischer Phänomene auf der Grundlage mikroskopischer Eigenschaften mathematisch zu beschreiben.
Inhalte	• Zustands- und Prozessgrößen • Entropie • Hauptsätze und Kreisprozesse • Thermodynamische Potentiale und Zustandsgleichungen • Phasengleichgewichte • Reine und gemischte Zustände, Ensemble • Dichteoperator, Liouville-Gleichung • Gleichgewichtsverteilungen • Gleichverteilungssatz und Virialsatz • Ideale Fermi- und Bosegase, Spinsysteme • Fluktuationen, Ausgleichsvorgänge, Onsager-Relationen
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Theoretische Physik III: 4 SWS Übungen Theoretische Physik III: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. wird mindestens eine Übungsgruppe in englischer Sprache angeboten. Fachliteratur zur Vorlesung überwiegend in Englisch.
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: MATH1-CiS, MATH2-CiS, MATH3-CiS, PHY-T2
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Klausur in der Regel in deutscher Sprache; Abweichungen werden vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Theoretische Physik III: 6 LP Übungen Theoretische Physik III: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	9 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 2 Physik, empfohlenes Semester: 6
Titel	Physik IV (Festkörperphysik)
Sigle	PHY-E4
Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen die Methoden und Ergebnisse der experimentellen Festkörperphysik und ihre Interpretation im Rahmen theoretischer Modelle.
Inhalte	• Geometrische Strukturen (statisch und dynamisch) • Elektronensystem • Dielektrische und optische Eigenschaften • Magnetische Eigenschaften • Supraleitung
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Physik IV: 4 SWS Übungen Physik IV: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. wird mindestens eine Übungsgruppe in englischer Sprache angeboten. Fachliteratur zur Vorlesung überwiegend in Englisch.
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: PHY-E1, PHY-E2, PHY-E3
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Klausur in der Regel in deutscher Sprache; Abweichungen werden vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Physik IV: 5 LP Übungen Physik IV: 2 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	7 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 2 Physik, empfohlenes Semester: 5
Titel	Physik V (Kern- und Teilchenphysik)
Sigle	PHY-E5
Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen die Methoden und Ergebnisse der experimentellen Elementarteilchen- und Kernphysik und ihre Interpretation im Rahmen theoretischer Modelle.
Inhalte	• Einführung und Grundbegriffe • Beschreibung von Teilchenprozessen • Beschleuniger und Nachweismethoden • Kerneigenschaften, Kernkräfte und Kernstrukturmodelle • Kernreaktionen und -zerfälle • Teilchen, Kräfte und Symmetrien • Starke Wechselwirkung • Elektromagnetische Wechselwirkung • Schwache Wechselwirkung und elektroschwache Vereinheitlichung • Astroteilchenphysik • Jenseits und diesseits des Standardmodells – Ausblick
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Physik V: 4 SWS Übungen Physik V: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. wird mindestens eine Übungsgruppe in englischer Sprache angeboten. Fachliteratur zur Vorlesung überwiegend in Englisch.
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: PHY-E1, PHY-E2, PHY-E3
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Klausur in der Regel in deutscher Sprache; Abweichungen werden vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Physik V: 5 LP Übungen Physik V: 2 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	7 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Wintersemester, jährlich

Modultyp	Schwerpunkt Physik: Wahlpflicht 2 Physik, empfohlenes Semester: 6
Titel	Physik VI (Atomphysik, Molekülphysik und Quantenoptik)
Sigle	PHY-E6
Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen die Methoden und Ergebnisse der experimentellen Atom-, Molekül- und Laserphysik und ihre Interpretation im Rahmen theoretischer Modelle. Sie kennen die Wirkungsweise optischer Resonatoren und Laserinterferometer.
Inhalte	• Wasserstoffatom und relativistische Korrekturen • Atome mit mehreren Elektronen • Atome in magnetischen und elektrischen Feldern • Anregung von Atomen durch elektromagnetische Strahlung, Auswahlregeln • Atto- und Femtosekunden-Dynamik in Atomen und Molekülen • Lasermanipulation der Bewegung von Atomen • Moleküle und Molekül-Spektren • Laserprinzip und Strahleigenschaften • Laser und optische Resonatoren Inhalte • Dynamik in Lasern und Laseranwendungen
Lehr- und Lernformen	Vorlesung Physik VI: 4 SWS Übungen Physik VI: 2 SWS
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch, i.d.R. wird mindestens eine Übungsgruppe in englischer Sprache angeboten. Fachliteratur zur Vorlesung überwiegend in Englisch.
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Keine Empfohlen: PHY-E1, PHY-E2, PHY-E3
Modulabschluss	Voraussetzung und Studienleistungen: Keine Modulprüfung und -sprache: Klausur in der Regel in deutscher Sprache; Abweichungen werden vor der Anmeldung zum Modul bekannt gegeben. Benotung: Die Modulprüfung wird differenziert benotet.
Arbeitsaufwand in den einzelnen Modulteilern	Vorlesung Physik VI: 5 LP Übungen Physik VI: 2 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	7 LP
Dauer	Ein Semester
Häufigkeit des Angebots	Sommersemester, jährlich

**Zu § 23:
Inkrafttreten**

Diese Fachspezifischen Bestimmungen treten am Tage nach der Veröffentlichung in den Amtlichen Bekanntmachungen der Universität Hamburg in Kraft. Sie gelten erstmals für Studierende, die ihr Studium zum Wintersemester 2026/27 aufnehmen.

Hamburg, den 30. September 2026
Universität Hamburg