



Universität Hamburg

DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

Nr. 38 vom 11. Juni 2026

AMTLICHE BEKANNTMACHUNG

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

Fachspezifische Bestimmungen für den Studiengang „Chemistry (M.Sc.)“

Vom 15. April 2026

Das Präsidium der Universität Hamburg hat am 29. April 2026 die vom Fakultätsrat der Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften am 15. April 2026 aufgrund 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 Chemistry (M.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 „Master of Science“ (M.Sc.) vom 20. Oktober 2021 (PO M.Sc.) in der jeweils geltenden Fassung und beschreiben die Module für das Fach Chemistry.

I. Ergänzende Regelungen zur MIN-PO M.Sc.

Zu § 1

Studienziel, Prüfungszweck, Akademischer Grad, Durchführung des Studiengangs

Zu § 1 Absatz 1:

Der englischsprachige Masterstudiengang Chemistry hat ein forschungsorientiertes Profil. Die Masterprüfung bildet einen weiteren berufsqualifizierenden Abschluss einer vertiefenden und forschungsbezogenen, wissenschaftlichen Ausbildung im Studiengang Chemistry und befähigt zum Promotionsstudium im Fach Chemie. Die Studienziele konzentrieren sich vor allem auf eine fachlich und methodisch sehr breit angelegte Ausbildung. Die Absolvierenden sind in der Lage, selbstständig und kreativ chemische Problemstellungen zu lösen und auch neuartige Fragestellungen fachlich kompetent zu bearbeiten. Um dieses Studienziel zu erreichen, lernen die Studierenden in den einzelnen Teildisziplinen die theoretischen Grundlagen sowie komplexe experimentelle Methoden kennen. Die Möglichkeit der Schwerpunktbildung (abhängig von der Wahl der Vertiefungsmodule) eröffnet zusätzlich viele interdisziplinäre Aspekte, die zum Alltag selbstständiger und teamfähiger Chemikerinnen und Chemiker gehören. Da sich die Methoden und Verfahren, aber auch die Tätigkeitsbereiche in Wissenschaft und Industrie ständig wandeln, muss es das Ziel des Studiums sein, den Studierenden die dazu erforderlichen Kenntnisse so zu vermitteln, so dass sie sich nach Beendigung des Studiums schnell mit neuen Entwicklungen vertraut machen, in neue Gebiete einarbeiten und selbst zu weiteren Entwicklungen ihres Fachgebiets in Wissenschaft und Technik beitragen können.

Zu § 3

Studienfachberatung

Zu § 3 Absatz 4:

Eine Studienberatung ist verpflichtend, wenn nach dem ersten Fachsemester weniger als 15 Leistungspunkte (LP) erreicht worden sind. Diese Beratung findet innerhalb des zweiten Fachsemesters mit den Studienfachberaterinnen bzw. Studienfachberatern statt.

Zu § 4

Studien- und Prüfungsaufbau, Module und Leistungspunkte (LP)

Zu § 4 Absatz 1:

- (1) Der Masterstudiengang Chemistry gliedert sich in drei Abschnitte: Einer Einführungsphase mit Basismodulen und einem Laborpraktikum, einer zweisemestrigen Vertiefungsphase und einer einsemestrigen Masterarbeit.
 1. In den Basismodulen werden die in einem Bachelorstudiengang erworbenen Grundlagen der Chemie mit Modulen in den Fächern Anorganische Chemie, Organische Chemie, Physikalische Chemie, Spektroskopie, Quantenchemie sowie Technische und Makromolekulare Chemie ergänzt. Fünf dieser sechs Module müssen verpflichtend absolviert werden. Ergänzt werden die Module von einem Praktikumsmodul, in den Disziplinen Physikalische Chemie, Anorganische und Organische Chemie sowie Technische und Makromolekulare Chemie. Studierende, die die Inhalte dieses Praktikums

bereits in ihrem Bachelorstudiengang absolviert haben, machen ein Forschungspraktikum im Umfang von 6 LP und können weitere Module im Umfang von 11 LP aus dem Angebot der Wahlpflichtmodule der Einführungs- und Vertiefungsphase belegen. Über die Anerkennung des Praktikums entscheidet der Prüfungsausschussvorsitzende. Die Einführungsphase umfasst insgesamt 42 LP.

2. Die Vertiefungsphase hat einen Umfang von 48 LP und setzt sich aus Wahlpflichtmodulen zur Vertiefung der chemischen Kenntnisse im Umfang von 36 LP, einem Forschungspraktikum im Umfang von 6 LP sowie Wahlmodulen im Umfang von 6 LP aus dem Lehrangebot der Universität Hamburg zusammen.
3. Die Masterarbeit hat einen Umfang von 30 LP.

1. Sem	Basismodul 1 (5 LP)	Basismodul 2 (5 LP)	Basismodul 3 (5 LP)	Basismodul 4 (5 LP)	Basismodul 5 (5 LP)	Praktikum Teil 1 (6 LP)
2. Sem	Fortgeschrittenenmodule Wahlpflicht (18 LP)				Praktikum Teil 2 (11 LP)	
3. Sem	Fortgeschrittenenmodule Wahlpflicht (18 LP)				Forschungspraktikum (6 LP)	Wahlbereich (6 LP)
4. Sem	Masterarbeit (30 LP)					

- (2) Detaillierte Beschreibungen aller Module finden sich unter II. Modulbeschreibungen dieser Fachspezifischen Bestimmungen und im Modulhandbuch.

Zu § 5

Lehrveranstaltungsarten

Zu § 5 Absatz 1:

Für folgende Lehrveranstaltungsarten besteht eine Anwesenheitspflicht:

1. Seminare und Proseminare, da diese auch zum Ziel haben, die Kritikfähigkeit und die Fähigkeit, Diskussionen zu führen, zu verbessern;
2. Exkursionen, da in diesen Fähigkeiten im Zusammenhang mit regionsspezifischen Kenntnissen erworben werden sollen;
3. Praktika, da die Studierenden unter Anleitung zum Lösen praktischer Problemstellungen befähigt werden sollen;
4. Projekte, da diese auch dem Erwerb von Sozialkompetenzen dienen, z.B. der Befähigung zu Projektarbeit im Team.

Die Anwesenheitspflicht gilt nicht für die Zulassung zu Wiederholungsprüfungen.

Zu § 13

Studienleistungen und Modulprüfungen

Zu § 13 Absatz 4:

- (1) Der Umfang des Projektabschlusses in Form des Abschlussberichts umfasst 15 bis 30 Seiten.
- (2) Die Art der Prüfung für jedes Modul ergibt sich aus den Modulbeschreibungen dieser Fachspezifischen Bestimmungen. Im Übrigen werden Art, Dauer und Umfang der Prüfung zu Beginn der Lehrveranstaltungen bekannt gegeben.
- (3) Weitere Prüfungsarten sind:
 1. Ein Kolloquium bestehend aus einem Vortrag und einer wissenschaftlichen Diskussion zu den Inhalten des Vortrages. Der Gesamtumfang des Kolloquiums liegt zwischen 30 und 60 Minuten.
 2. Ein Portfolio ist eine Zusammenstellung während des Studiums bzw. während der Studienphase angefertigter Teilleistungen, welche unter einer übergreifenden Frage- und Problemstellung zusammenfassend ausgewertet werden. Das Portfolio dient zugleich der zusammenfassenden Reflexion des eigenen Lernprozesses. Das Portfolio hat eine Bearbeitungszeit von drei Monaten und einen Umfang von fünf bis 15 Seiten.

Zu § 13 Absatz 10:

Die Prüfungssprache ist in der Regel Englisch. Im Einvernehmen zwischen Prüferin bzw. Prüfer und Prüfling kann die Prüfung in deutscher Sprache abgehalten werden.

Zu § 14

Masterarbeit

Zu § 14 Absatz 1:

Verpflichtender Bestandteil des Abschlussmoduls ist neben der Masterarbeit ein Kolloquium. Das Kolloquium geht zu einem Anteil von einem Sechstel in die Bewertung der Masterarbeit ein und muss mindestens mit der Note 4,0 bestanden sein. Der Vortrag soll bis spätestens sechs Wochen nach Abgabe der schriftlichen Arbeit gehalten werden.

Zu § 14 Absatz 2:

Zur Masterarbeit kann zugelassen werden, wer alle Module der Einführungsphase und Wahlpflichtmodule der Vertiefungsphase im Umfang von mindestens 36 LP sowie das Forschungspraktikum erfolgreich abgeschlossen hat. Ein Wahlpflichtmodul der Vertiefungsphase darf angemeldet und noch nicht abgeschlossen sein.

Zu § 14 Absatz 4:

Die Masterarbeit wird in englischer Sprache abgefasst. Im Einvernehmen zwischen der Betreuerin bzw. dem Betreuer und der bzw. dem Studierenden kann die Arbeit auch in deutscher Sprache abgefasst werden.

Zu § 14 Absatz 5 Satz 1:

Der Arbeitsaufwand für die Masterarbeit inklusive Kolloquium beträgt 30 Leistungspunkte. Der Bearbeitungszeitraum der Masterarbeit beträgt sechs Monate.

Zu § 15

Bewertung der Prüfungsleistungen

Zu § 15 Absatz 3:

- (1) Setzt sich die Prüfungsleistung eines Moduls aus mehreren Teilleistungen zusammen, so wird die (Gesamt-)Note des Moduls nach der prozentualen Gewichtung der Noten der einzelnen Prüfungsleistungen in den Modulbeschreibungen und bei fehlender Angabe der prozentualen Gewichtung aus dem arithmetischen Mittel der Noten der einzelnen Prüfungsleistungen berechnet.
Für das Abschlussmodul ist die Berechnung der Modulnote unter „Zu § 14“ festgelegt.
- (2) Die Gesamtnote des Masterstudiengangs wird als ein nach Leistungspunkten gewichtetes Mittel der Modulnoten berechnet, wobei die Wahlpflichtmodule der Einführungs- und Vertiefungsphase sowie das Laborpraktikum einfach und die Masterarbeit zweifach gewichtet werden. Der freie Wahlbereich geht nicht in die Bewertung der Gesamtnote mit ein.

Zu § 15 Absatz 4:

Die Gesamtnote „Mit Auszeichnung bestanden“ wird vergeben, wenn die Masterarbeit mit 1,0 bewertet und die gemittelte Gesamtnote nicht schlechter als 1,3 ist.

II. Modulbeschreibungen

II.1. Modulbeschreibungen der Einführungsphase:

Modultyp	Basismodul, Wahlpflicht Einführungsphase
Titel	Anorganische Chemie
Sigle	CHE 101 Int.
Qualifikationsziele	Die Studierenden sind aufgrund ihres Verständnisses der Anorganischen Chemie in der Lage, weiterführende Fragestellungen zu bearbeiten, indem sie ihnen bekannte Konzepte und Theorien kombinieren und überprüfen, Zusammenhänge herstellen und Lösungsansätze formulieren.
Inhalte	Organometallchemie, Koordinationschemie, Festkörperchemie, Überblick und vertiefte Einsicht in die Komplexchemie von Haupt- und Nebengruppen. Elektronenbuchhaltung, Wadesche Regel, wichtige Reaktionstypen, ausgesuchte Katalysezyklen.
Lehrformen (Angabe in Semester- wochenstunden)	a) Molekülchemie und Reaktionsmechanismen (Vorlesung): 2,5 SWS b) Strukturchemie und Festkörperchemie (Vorlesung): 1,5 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: keine
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: keine Art der Modulprüfung: Klausur (benotet) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	a) Molekülchemie und Reaktionsmechanismen: 3,5 LP b) Strukturchemie und Festkörperchemie: 1,5 LP
Gesamtarbeits- aufwand des Moduls	5 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Wintersemester

Modultyp	Basismodul, Wahlpflicht Einführungsphase
Titel	Organische Chemie
Sigle	CHE 102 Int.
Qualifikationsziele	Die Studierenden sind in der Lage, sich mit fortgeschrittenen Fragestellungen, darunter auch solchen aus der aktuellen Forschung, auseinanderzusetzen. Sie verfügen über fundierte Fachkenntnisse auf dem Gebiet der organischen Chemie komplexer Zielstrukturen sowie der klassischen und modernen heterocyclischen Chemie. Sie können Synthesen und Synthesepäne für komplexe und multifunktionale organische Verbindungen aus verschiedenen Verbindungsklassen analysieren und bewerten. Außerdem sind sie in der Lage, strategische Synthesepanungen (zum Beispiel für Heterocyclen, Naturstoffe und Wirkstoffe) durchzuführen und Schutzgruppenkonzepte zu entwickeln. Auf der Grundlage ihres erworbenen Fachwissens können sie Reaktionsmechanismen ableiten und damit Produktverteilungen und Selektivitäten erklären. Sie beherrschen alle gängigen Methoden zur Aufklärung von Mechanismen und Methoden zur Identifizierung von Syntheseprodukten, Produktverhältnissen, Zwischenprodukten und Ähnlichen (beispielsweise NMR, IR, MS).
Inhalte	Strategische Synthesepanung, Schutzgruppenchemie und Schutzgruppen-Konzepte. Klassische und moderne Aromaten- und Heterocyclenchemie, Synthesen heterocyclischer Natur- und Wirkstoffe (Klassiker und Beispiele aus aktueller Forschung). Pericyclische Reaktionen, Übergangsmetall-katalysierte Synthesemethoden, Reaktionsmechanismen und Modellvorstellungen der fortgeschrittenen organischen Synthese. Aufklärung von Mechanismen und Identifikation oder Analyse von Intermediaten, Produkten (inklusive Isomeren) und Produktgemischen.
Lehrformen (Angabe in Semesterwochenstunden)	Organische Chemie für Fortgeschrittene (Vorlesung): 4 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: keine
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: keine Art der Modulprüfung: Klausur (benotet) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	Organische Chemie für Fortgeschrittene: 5 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	5 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Wintersemester

Modultyp	Basismodul, Wahlpflicht Einführungsphase
Titel	Physikalische Chemie
Sigle	CHE 103 Int.
Qualifikationsziele	Die Studierenden können die wesentlichen Aussagen der kinetischen Gastheorie erklären und haben eine detaillierte Vorstellung von der Energieverteilung und den Stoßprozessen in der Gasphase. Die Studierenden können vibronische und elektronische Übergänge skizzieren, beschreiben und differenzieren. Ferner sind die Studierenden in der Lage, den atomaren/molekularen Aufbau von Festkörpern zu beschreiben, verstehen die Entstehung von Bändern und können Materialeigenschaften, insbesondere optische und elektronische Prozesse im Festkörper, ableiten.
Inhalte	Kinetische Gastheorie und Anwendung auf Gasgesetzte, Geschwindigkeitsverteilung, Freie Weglänge und Stoßtheorie, Gruppentheorie und Anwendung auf Schwingungen, Elektronische Übergänge, Auswahlregeln und chemische Bindungen. Elektronische Eigenschaften großer Moleküle und Festkörper, Bandstrukturmodelle. Statistische Mechanik, Zustandssumme, QM Modelle, Anwendung auf thermodynamische Funktionen.
Lehrformen (Angabe in Semester- wochenstunden)	a) Physikalische Chemie für Fortgeschrittene (Vorlesung): 3 SWS b) Übungen Physikalische Chemie für Fortgeschrittene (Übung): 1 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: keine
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: keine Art der Modulprüfung: Klausur (benotet) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	a) Physikalische Chemie für Fortgeschrittene: 4 LP b) Übungen Physikalische Chemie für Fortgeschrittene: 1 LP
Gesamtarbeits- aufwand des Moduls	5 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Wintersemester

Modultyp	Basismodul, Wahlpflicht Einführungsphase
Titel	Spektroskopie
Sigle	CHE 104 Int.
Qualifikationsziele	Ziel des Moduls ist das Erlernen und Vertiefen der Theorien und Hintergründe analytischer Verfahren zur Strukturaufklärung verschiedener Molekülklassen. Studierende sollten anschließend in der Lage sein, die richtige Analytik zu ihrer Fragestellung auszuwählen, Ergebnisse aus diesen Analysen zu interpretieren und kritisch zu hinterfragen und die Struktur unbekannter Moleküle aufzuklären. An ausgewählten Beispielen werden die erlernten Grundlagen angewendet. Dies soll die Studierenden dazu befähigen, das Wissen auch auf unbekannte Verbindungen zu übertragen und durch diesen Transfer auch solche Analysen zu lösen.
Inhalte	Allgemeiner Teil (10 Wochen) Grundlagen der NMR Spektroskopie, grundlegende physikalische Gleichungen, ^1H und ^{13}C-NMR-Spektroskopie, die chemische Verschiebung, Kopplungskonstanten, Karplusbeziehung, Zusammenhang zwischen der Kopplungskonstanten, der chemischen Verschiebung und der chemischen Struktur, dynamische NMR, Nomenklatur, Spektren höherer Ordnung, Inkrementberechnungen der chemischen Verschiebung, das Vektormodell, T1- und T2-Relaxation, homo- und heteronukleare 2D-Spektroskopie, Grundlagen des NOE (Nuclear Overhauser Effect), Trends in der NMR. Grundlegende Konzepte der Massenspektrometrie, Isotopenverhältnisse, Ladungszustände, Aufbau von Massenspektrometern, Ionisierung, Massenanalysatoren, Kopplung an chromatographische Systeme, Quantifizierung mit MS, Trends in der MS. Vertiefung (4 Wochen) 1. NMR von Biomolekülen: NMR von Peptiden und Proteinen, Metabolomics und Analyse komplexer Gemische; Vertiefte Übung an einem komplexen Beispiel zur Analyse von NMR-Spektren 2. NMR von Heterokernen und Festkörper-NMR: NMR Eigenschaften und Spektren von weiteren Kernen von Elementen des Periodensystems; Quadrupolmoment, Paramagnetismus, Relaxation, Grundlagen der Festkörper NMR 3. NMR von Polymeren: Grundlagen der Analyse von Polymeren, quantitative ^{13}C-NMR, Relaxation, Grundlagen der Festkörper-NMR
Lehrformen (Angabe in Semesterwochenstunden)	a) Spektroskopie (Vorlesung): 2 SWS b) Spektroskopie-Vertiefung (Vorlesung): 1 SWS c) Übungen zur Spektroskopie (Übung): 1 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: keine
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: keine Art der Modulprüfung: Klausur (benotet) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch

Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	a) Spektroskopie: 3 LP b) Spektroskopie-Vertiefung: 1 LP c) Übungen zur Spektroskopie: 1 LP
Gesamtarbeits- aufwand des Moduls	5 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Wintersemester

Modultyp	Basismodul, Wahlpflicht Einführungsphase
Titel	Einführung in die chemische und Polymer Reaktionstechnik
Sigle	CHE 106 Int.
Qualifikationsziele	Die Studierenden sind in der Lage, die behandelten Themen der chemischen und Polymerreaktionstechnik zu präsentieren. Darüber hinaus können sie die behandelten Themen klassifizieren und auf unbekannte Situationen anwenden. Unbekannte Fragestellungen können analysiert und bewertet werden, und Lösungen können selbstständig entwickelt und bewertet werden.
Inhalte	Chemische Prozesse in grundlegenden Beispielen: vom Rohstoff zum Endprodukt – unter Berücksichtigung sozialer Auswirkungen. Grundlagen der Maßstabsvergrößerung. Technische Katalyse. Einführung in grundlegende Vorgänge, z. B. Mischen und Rühren. Grundlagen der Massen- und Wärmeübertragung, grundlegende Konstruktion technischer Apparate, technische Katalyse und einfache praktische Lösungen für reaktionstechnische Probleme, Grundkenntnisse thermischer und mechanischer Vorgänge. Chemische Prozesse und Prozessentwicklung in ausgewählten Beispielen. Einführung in die Kinetik chemischer und polymerer Reaktionen. Definitionen, Terminologie und Nomenklatur im Bereich makromolekularer Substanzen; Verwendung von Polymeren; Klassifizierung von Polymeren; Theoretische Beschreibung des Polymers, Standardanalyse von Polymeren in Lösung, Molmasse und Verteilung. Synthese von Polymeren, Struktur und Eigenschaften makromolekularer Polymere. Herstellungsverfahren und Verarbeitung. Die Vorlesung ist so strukturiert, dass ausreichend Zeit für Diskussionen und den gemeinsamen Erwerb des Stoffes bleibt.
Lehrformen (Angabe in Semester- wochenstunden)	a) Chemische Reaktionstechnik (Vorlesung oder Seminar): 2 SWS b) Polymerreaktionstechnik (Vorlesung oder Seminar): 2 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: keine
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: keine Art der Modulprüfung: Klausur (benotet) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	a) Chemische Reaktionstechnik: 2,5 LP b) Polymerreaktionstechnik: 2,5 LP
Gesamtarbeits- aufwand des Moduls	5 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Wintersemester

Modultyp	Basismodul, Wahlpflicht Einführungsphase
Titel	Quantenchemie I
Sigle	CHE 107 Int.
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 des 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

	4. Einführung Dichtefunktionaltheorie (DFT): • Hohenberg-Kohn-Theoreme • Kohn-Sham-DFT, technischer und konzeptioneller Vergleich mit der Hartree-Fock-Theorie • Grenzen der Anwendbarkeit
Lehrformen (Angabe in Semester- wochenstunden)	a) Quantenchemie I (Vorlesung): 2 SWS b) Übungen zur Quantenchemie I (Übung): 2 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Veranstaltungen zu Grundlagen der Quantenmechanik
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: keine Art der Modulprüfung: Klausur (benotet) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	a) Quantenchemie: 3 LP b) Übungen zur Quantenchemie: 2 LP
Gesamtarbeits- aufwand des Moduls	5 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Wintersemester

Modultyp	Pflichtmodul
Titel	Laborpraktikum
Sigle	CHE 108 Int.
Qualifikationsziele	Die Studierenden werden wichtige Schlüsselqualifikationen (Methodenkompetenz, Kompetenz in Arbeitsplanung, Arbeitssicherheit und Zeitmanagement, Fehlerdiskussion, Sozialkompetenz/Teamarbeit, Befähigung zur Erstellung von Protokollen unter der Verwendung Chemie-spezifischer Software, Beherrschung der Literaturrecherche) in Verbindung mit Fachwissen vertiefen und teilweise neu erwerben. <u>Praktikum Physikalische Chemie</u> Die Ziele des Praktikums sind der Erwerb von Kenntnissen moderner Techniken und Verfahren der Physikalischen Chemie und der Gewinn von ersten Einblicken in aktuelle Forschungskonzepte. Nach kurzer Einführung können die Studierenden komplexere Messgeräte selbst verwenden und ihre grundlegenden Funktionen erklären. Sie erstellen Protokolle unter der Verwendung chemie-spezifischer Software zur Auswertung der Messdaten, die in der Form der Darstellung wissenschaftlicher Projekte entsprechen. Sie sind in der Lage, Literaturrecherchen durchzuführen und die erlernten theoretischen Konzepte mit experimentellen Ergebnissen zu vergleichen und so Erklärungen für Beobachtungen zu finden. Die Studierenden erlernen, für eine wissenschaftliche Fragestellung eine passende Messmethode auszuwählen. Die Studierenden planen und koordinieren ihre Arbeit in einem Team. <u>Praktikum Anorganische und Organische Chemie</u> Auf der Basis der allgemeinen theoretischen Grundlagen der Molekül-, Festkörper- und Naturstoffchemie sind die Studierenden in der Lage, die Herstellung komplexer, funktionalisierter und reaktiver Moleküle und Materialien eigenständig zu planen, durchzuführen und die erzielten Ergebnisse zu analysieren und zu bewerten. Sie können die praktische Durchführung, Reaktionsmechanismen und Stoffcharakterisierungen von modernen Synthesemethoden der Literatur verstehen und wiedergeben sowie auf eigene praktische Probleme im Labormaßstab anwenden. <u>Praktikum Technische und Makromolekulare Chemie</u> Die Studierenden sind in der Lage, ausgewählte Arbeitsweisen und Charakterisierungsmethoden der technischen und makromolekularen Chemie ebenso wie thermische Trennverfahren und reaktionstechnische Untersuchungen praktisch anzuwenden. Anhand vorgegebener Fragestellungen werden Experimente selbstständig im Zweierteam durchgeführt und Messdaten analysiert. Sie können den Einfluss von chemischen Reaktoren, Reaktionsführung sowie (Poly-)Reaktionstypen auf den Reaktionsverlauf und die resultierenden Produkteigenschaften beurteilen, eigenständige Lösungen finden, diese schriftlich dokumentieren und diskutieren. <u>Vortragsseminar</u> Die Studierenden können einen wissenschaftlichen Kurzvortrag auf Grundlage einer eigenständigen Literaturrecherche konzipieren, diesen halten und in einer Diskussion verteidigen.

Inhalte	<u>Grundlagen des sicheren Arbeitens in Laboratorien:</u> Gefahren für Mensch und Umwelt, Kennzeichnung von Gefahrstoffen, Sicherheitszeichen, Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln (u.a. persönliche Schutzausrüstung, Brandschutz), Sicherheitseinrichtungen und technische Schutzmaßnahmen, Verhalten im Gefahrenfall und bei Unfällen, Erste Hilfe, Entsorgung, Sonderabfälle, Betriebsanweisungen, gesetzliche Grundlagen. sichererer Umgang mit Glasgeräten und Apparaturen, Durchführung von Standardoperationen im Labor, Betrieb von (Labor-) Geräten sichere Handhabung gefahrgeneigter Verbindungen: Ermittlung der Gefahren und zu treffende Schutzmaßnahmen (u.a. Sicherheitsdatenblatt), Maßnahmen zur sachgerechten Entsorgung, Umgang mit nicht vollständig geprüften Stoffen, Besonderheiten für KMR-Stoffe. <u>Gute wissenschaftliche Praxis:</u> Regelwerk, wissenschaftliches Fehlverhalten, Dokumentation (u.a. Laborjournal), Daten (Originaldaten, Datenerhebung, Datenmanipulation, Datenauswahl), Umgang mit Literatur (Zitieren von Quellen, Plagiate), Erstellen von Protokollen und wissenschaftlichen Arbeiten Literaturrecherche unter Nutzung wissenschaftlicher Datenbanken. <u>Praktikum Physikalische Chemie</u> Konzepte der modernen Physikalischen Chemie aus den Bereichen der Spektroskopie (UV, Vis, IR, Raman), Elektrochemie, Lichtstreuung, Magnetochemie, Mikroskopie, Elektronenmikroskopie, konfokalen Lasermikroskopie, Röntgenmethoden, theoretischen Chemie und Nanochemie mit kolloidalen und nanostrukturierten Materialien und ihren Überstrukturen aus Metallen, Halbleitern, Kohlenstoffnanoröhren und der Polymere und Bio Polymere. Die Ausführung von Versuchen und Projekten in der klassischen physikalischen Chemie sowie in aktuellen Forschungsbereichen der physikalischen Chemie geben den Studierenden einen Einblick in die Breite des Themenfeldes. Hierfür werden anspruchsvolle Präparate erstellt und mit einer Auswahl spezieller Methoden untersucht. <u>Praktikum Anorganische und Organische Chemie</u> Synthesen anspruchsvoller Präparate im Grenzbereich zwischen anorganischer und organischer Chemie sowie an der Schnittstelle von Molekül- und Festkörperchemie u.a. unter Nutzung der Katalyse, stereoselektiven Synthese und Selbstassemblierung. Anwendung der Inertgas- und Schlenktechnik, Arbeiten in der Handschuhbox, Arbeiten mit gefahrgeneigten, reaktiven Verbindungen, sichere Handhabung moderner Synthese- und Analyseapparaturen, Arbeiten unter speziellen Reaktionsbedingungen (Hitze, Kälte, Luftausschluss, Hochdruck, Gase, Mikromaßstab, Licht), Verständnis von und sicherer Umgang mit Methoden der Charakterisierung von Verbindungen und Materialien wie Chromatographie, Spektroskopie (u.a. NMR), Massenspektrometrie, Elementanalytik und Diffraktometrie. Dokumentation von Sicherheitsaspekten, Chemikaliendaten, Arbeitsschritten, Gerätenutzung und Entsorgung durch Führen eines Laborjournals sowie Erstellung von Betriebsanweisungen. Anfertigung von wissenschaftlichen Protokollen zu den präparativen und analytischen Experimenten.
----------------	--

	Praktikum Technische und Makromolekulare Chemie Praktische Durchführung von technisch-chemischen Grundoperationen, experimentelle Charakterisierung chemischer Reaktoren und praktische Lösung reaktionstechnischer Probleme: • Einführung und Prozesssimulation mit Aspen Plus • Thermische Trennung azeotrop siedender Binärgemische (Rektifikation) • Extraktion • Ermittlung kinetischer Daten im Batch-Reaktor • Verweilzeitverhalten der Grundtypen chemischer Reaktoren • Kalorimetrie und Wärme Durchführung von Polymersynthesen in Reaktionsautoklaven bei Über- und Unterdruck im Labor- und Technikumsmaßstab. Verarbeitung von Polymeren mittels Extrusion und Spritzguss sowie Charakterisierung in Lösung (Knäueldimensionen und Molmassen(-verteilung)) sowie in fester Phase/Schmelze (rheologisch, thermisch, mechanisch). Vortragsseminar Präsentation fortgeschrittener Aspekte der anorganischen, makromolekularen, organischen, physikalischen und/oder technischen Chemie sowie deren theoretischen Grundlagen im Rahmen eines Kurzvortrags mit anschließender Diskussion.
Lehrformen (Angabe in Semester- wochenstunden)	a) Seminar zum Praktikum (Seminar): 0,5 SWS b) Laborpraktikum (Praktikum): 16 SWS c) Vortragsseminar (Seminar): 2 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: keine
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Teilnahme am Laborpraktikum: Teilnahme an den Sicherheitsunterweisungen, Bestehen der 1. Modulteilprüfung. Die Modulprüfung besteht aus drei Teilprüfungen. Voraussetzungen zur 1. Modulteilprüfung: Teilnahme am Seminar zum Praktikum Art der 1. Modulteilprüfung: Klausur (benotet, 20 %) Voraussetzungen zur 2. Modulteilprüfung: keine Art der 2. Modulteilprüfung: Praktikumsabschluss (benotet, 20 %) Voraussetzungen zur 3. Modulteilprüfung: Praktikumsabschluss Art der 3. Modulteilprüfung: Kolloquium (benotet, 60 %) Prüfungssprache: i.d.R. Englisch.
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	a) Seminar zum Praktikum: 1 LP b) Laborpraktikum: 14 LP c) Vortragsseminar: 2 LP

Gesamtarbeits- aufwand des Moduls	17 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Wintersemester

II. 2. Modulbeschreibungen der Vertiefungsphase:

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
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.
Lehrformen (Angabe in Semester- wochenstunden)	Nanochemie (Vorlesung): 2 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Einführende Veranstaltungen der Physikalischen Chemie
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: keine Art der Modulprüfung: i.d.R. Klausur, abweichend mündliche Prüfung (benotet) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	Nanochemie: 3 LP
Gesamtarbeits- aufwand des Moduls	3 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Sommersemester

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
Titel	Nanochemie – Praktikumsmodul
Sigle	CHE 111 B
Qualifikationsziele	Nach erfolgreichem Abschluss sind die Studierenden in der Lage geeignete Methoden zum Lösen experimenteller Fragestellungen zu erinnern und diese im Rahmen eines begrenzten, wissenschaftlichen Forschungsvorhabens anzuwenden. Hierzu gehört das selbstständige Vorbereiten und Planen der eigenen Forschung, welches sowohl eigenständige Informationsermittlung (Literaturrecherche), als auch das gemeinschaftliche Arbeiten innerhalb eines Teams beinhaltet. Die Studierenden sind des Weiteren in der Lage die erhaltenen Daten in geeigneter Form aufzubereiten, diese im Hinblick auf das Projektziel zu bewerten und in Form von qualifizierten, wissenschaftlichen Protokollen zu dokumentieren.
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.
Lehrformen (Angabe in Semester- wochenstunden)	Praktikum Nanochemie (Praktikum): 6 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Einführende Veranstaltungen der Physikalischen Chemie
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: regelmäßige Teilnahme am Seminar (Anwesenheitspflicht) Art der Modulprüfung: Projektabschluss (benotet) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	Praktikum Nanochemie: 6 LP
Gesamtarbeits- aufwand des Moduls	6 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Sommersemester

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
Titel	Regenerative Energieumwandlung – Vorlesungsmodul
Sigle	CHE 112 A
Qualifikationsziele	Die Studierenden erwerben Kenntnisse zur Energieumwandlung in Solarzellen und Brennstoffzellen. Diese dienen den Studierenden bei der selbstständigen, wissenschaftlichen Bearbeitung von physikalisch-chemischen Fragestellungen als Grundlage für nachhaltige Lösungsansätze. Die Studierenden kennen die Typen von Solarzellen und können sie den verschiedenen Generationen zuordnen. Die Studierenden verstehen grundlegende Zusammenhänge der Festkörperphysik und können diese zur Bewertung der Vor- und Nachteile verschiedener Solarzelltypen verwenden. Sie können die Leistungsfähigkeit einer Solarzelle anhand eines Ersatzschaltbildes analysieren. Die Studierenden unterscheiden die Typen von Brennstoffzellen und können geeignete Verfahren der dynamischen Elektrochemie auswählen, um ihren Wirkungsgrad zu beurteilen.
Inhalte	• Festkörperphysikalische Grundlagen der Photovoltaik • Bändermodell im Halbleiter • Dotierung von Halbleitern • p-n Übergang mit Ladungstrennung • Eigenschaften der Solarstrahlung • Solarzellen der ersten, zweiten und dritten Generation • Dynamische Elektrochemie • Transportprozesse und Elektrodenkinetik • Typen von Brennstoffzellen mit ihren Wirkungsgraden • Elektrochemische Untersuchungsverfahren
Lehrformen (Angabe in Semester- wochenstunden)	Regenerative Energieumwandlung (Vorlesung): 2 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Einführende Veranstaltungen der Anorganischen und Physikalischen Chemie
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: keine Art der Modulprüfung: Klausur (benotet) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	Regenerative Energieumwandlung: 3 LP
Gesamtarbeits- aufwand des Moduls	3 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Wintersemester

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
Titel	Regenerative Energieumwandlung – Praktikumsmodul
Sigle	CHE 112 B
Qualifikationsziele	Die Studierenden erwerben Kenntnisse und praktische Kompetenzen in Gebieten der physikalischen Chemie, die für die Energieumwandlung in Solarzellen und Brennstoffzellen relevant sind. Die Studierenden führen dazu anspruchsvolle präparative und analytische Experimente durch. Sie kooperieren innerhalb des Teams der gastgebenden Arbeitsgruppe. Die Studierenden organisieren ihre praktische Arbeit im Labor und planen Experimente oder experimentelle Reihen. Dazu recherchieren sie die notwendige Literatur und fassen diese im Protokoll zusammen. In dem Protokoll dokumentieren sie auch die durchgeführten Experimente und bewerten die erarbeiteten Ergebnisse.
Inhalte	Der Inhalt orientiert sich am konkreten Forschungsprojekt. Eines oder mehrere der folgenden Themen werden dabei abgedeckt: • Quantenmechanische und festkörperphysikalische Grundlagen der Photovoltaik • Funktionelle Polymere mit Bezug auf organische Solarzellen • Spektroskopische Untersuchungsverfahren • Chromophore auf Basis von Halbleitermaterialien • Interaktion zwischen Liganden und Oberflächen Elektrochemische Untersuchungsverfahren
Lehrformen (Angabe in Semesterwochenstunden)	Praktikum Regenerative Energieumwandlung (Praktikum): 6 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Einführende Veranstaltungen der Anorganischen und Physikalischen Chemie
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: keine Art der Modulprüfung: Projektabschluss (benotet) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	Praktikum Regenerative Energieumwandlung: 6 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Wintersemester

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
Titel	Energie – Neue Materialien für die Energieerzeugung und -speicherung
Sigle	CHE 114
Qualifikationsziele	Die Studierenden verstehen Aspekte der Energieumwandlung und Energiespeicherung und können sie erklären. Sie sind in der Lage die energierelevanten Eigenschaften von anorganischen Materialien zu erkennen und ihre Beziehungen zur Festkörperstruktur beschreiben. Sie können die Anwendungen von Materialien in der Energieumwandlung und Energiespeicherung voraussagen. Sie können eigenständig Forschungsarbeiten innerhalb eines Forschungsprojektes planen und durchführen sowie die Ergebnisse strukturiert in einem Vortrag darstellen.
Inhalte	Moderne Materialien zur Energiespeicherung/-umwandlung, Technologische Grundlagen zur Energiespeicherung/-umwandlung, Wasserstoffspeicherungstechnologien, Lithium-Ionen-Batterien, Lithium-Schwefel-Batterien, Lithium-Luft-Batterien, Strukturchemische und physikalische Aspekte der Gas- bzw. Stromspeicherung in porösen Feststoffen, Kondensatoren (Doppelschichtkondensatoren, Superkondensatoren) Brennstoffzellen (AFC, PEMFC, SOFC), Materialien und Technologien zur thermischen Speicherung.
Lehrformen (Angabe in Semester- wochenstunden)	a) Brennstoffzellen, Batterien und Gasspeicher: Neue Materialien für die Energieerzeugung und -speicherung (Vorlesung): 2 SWS b) Fortgeschrittenenpraktikum Energie (Praktikum): 6 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: CHE 101 Int. und CHE 103 Int. Empfohlen: keine
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: keine Art der Modulprüfung: Projektabschluss (benotet) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	a) Brennstoffzellen, Batterien und Gasspeicher: 3 LP b) Fortgeschrittenenpraktikum Energie: 6 LP
Gesamtarbeits- aufwand des Moduls	9 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Sommersemester

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
Titel	Reaktionstechnik
Sigle	CHE 117
Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen und verstehen grundlegende Vorgehensweisen der chemischen Reaktionstechnik. Sie interpretieren Reaktionsbedingungen anhand derer ein Reaktormodell aufgestellt wird und bearbeiten die Übungsaufgaben selbstständig und kooperativ.
Inhalte	• Homogene Katalyse • Mehrphasenreaktionen • Heterogene Katalyse • Reale Reaktoren und Reaktionskontrolle • Industrielle Beispiele und Sicherheit
Lehrformen (Angabe in Semesterwochenstunden)	a) Reaktionstechnik (Vorlesung): 3 SWS b) Übungen Reaktionstechnik (Übung): 1 SWS c) Praktikum Reaktionstechnik (Praktikum): 3 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Einführende Veranstaltungen zur Anorganischen, Organischen und Technischen Chemie
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: Praktikumsabschluss Art der Modulprüfung: mündliche Prüfung (benotet) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	a) Reaktionstechnik: 4,5 LP b) Übungen zur Reaktionstechnik: 1,5 LP c) Reaktionstechnik Praktikum: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	9 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Wintersemester

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
Titel	Synthetische und werkstoffliche Polymerchemie
Sigle	CHE 118
Qualifikationsziele	Analyse der (katalytischen) Bildung von (gesellschaftlich) relevanten Kunststoffen. Vergleichen und Bewerten der zeitlichen Entwicklung von technischen Polymerisationsverfahren und Katalysen an Hand einiger Übersichtsartikel. Kennen und Verstehen von Polymermaterialeigenschaften im Kontext von thermischen, mechanischen und/oder rheologischen Kennzahlen. Anwenden der Kenntnisse bei der Durchführung eines Forschungsprojektes (auch als Teilprojekt eines Forschungsvorhabens) mit chemischen und physikalischen Aufgaben. Beurteilungskompetenz erarbeiten hinsichtlich der Resultate in Relation zum Stand der Technik. Professionelle Berichterstattung erlernen.
Inhalte	Details der Synthese von üblichen Makromolekülen, Kinetik, Katalyse, Bestimmung der Mikrostruktur, morphologische, thermische, rheologische und mechanische Eigenschaften von Polymeren, Kunststoffverarbeitung und Verwendung. Aktuelle Themen der Werkstoffentwicklung (z.B. „smart materials“). Praktische Synthese von polymeren Werkstoffen/Gelen, Verarbeitung mittels Extrusion (ggf. mittels 3D Druck), Charakterisierung mittels Chromatographie, NMR/IR Spektroskopie u.ä.
Lehrformen (Angabe in Semester- wochenstunden)	a) Aktuelle Themen der Polymersynthese und Polymerphysik (Seminar): 4 SWS b) Fortgeschrittenenpraktikum Makromolekulare Chemie (Praktikum): 6 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: CHE 106 Technische und Makromolekulare Chemie Empfohlen: keine
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: Praktikumsabschluss Art der Modulprüfung: mündliche Prüfung (benotet) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	a) Aktuelle Themen der Polymersynthese und Polymerphysik: 6 LP b) Fortgeschrittenenpraktikum Makromolekulare Chemie: 6 LP
Gesamtarbeits- aufwand des Moduls	12 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Sommersemester

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
Titel	Bioorganisch-analytische Methoden
Sigle	CHE 119
Qualifikationsziele	Ziel des Moduls ist das Erlernen und Vertiefen der Theorien und Hintergründen analytischer Verfahren zur Untersuchung von Biomolekülen. Studierende sollten anschließend in der Lage sein, die richtige Analytik zu ihrer Fragestellung auszuwählen, Ergebnisse aus diesen Analysen zu interpretieren und kritisch zu hinterfragen. Durch die Besprechung aktueller Publikationen wird die Fähigkeit, Ergebnisse anderer Wissenschaftler*innen zu referieren kritisch zu betrachten, gestärkt.
Inhalte	LC, GC, MS, NMR, Circular Dichroismus, Oberflächenplasmonenresonanz (SPR), Isotermale Calorimetrie (ITC) und Mikroskalare Thermophorese (MST). Moderne analytische Verfahren wie sie in der Organischen Chemie und der Biochemie benutzt werden, um die Strukturen von komplexen Molekülen und deren Wechselwirkungen mit Proteinen und DNA/RNA aufzuklären, werden behandelt. HPLC, GC: Grundlagen der Chromatographie, Chromatographie-Arten: Trennung, Einsatz, Grenzen. MS: moderne Ionisierungsverfahren, Massentrennprinzipien, Identifizierung und Quantifizierung verschiedener Klassen von Biomolekülen. NMR: 2D- und 3D-NMR-Verfahren, Relaxationsphänomene, Sättigungsphänomene. NOE-Spektroskopie, Ligand- und Proteinbasierte Verfahren zur Untersuchung molekularer Wechselwirkungen, Produkt-Operator-Formalismus. CD: Theorie, Oktantenregel, Cotton-Effekt; SPR, ITC, MST: Effekt, Sensitivität, KD-Wert-Bestimmung.
Lehrformen (Angabe in Semester- wochenstunden)	a) Bioorganisch-analytische Methoden (Vorlesung): 2 SWS b) Seminar zu modernen analytischen Verfahren (Seminar): 2 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: CHE 104 Int. Empfohlen: keine
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: Bestandener Online-Vortest Art der Modulprüfung: Referat (benotet) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	a) Bioorganisch-analytische Methoden: 3 LP b) Seminar zu modernen analytischen Verfahren: 3 LP
Gesamtarbeits- aufwand des Moduls	6 LP (P = 56 Std. / S = 84 Std. / PV = 40 Std.)
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Sommersemester

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
Titel	Naturstoffchemie
Sigle	CHE 120
Qualifikationsziele	Die Studierenden sind aufgrund ihres Verständnisses der Organischen Chemie aus dem Bachelor-Studiengang in der Lage, weiterführende Fragestellungen auch aus aktueller Forschung zu bearbeiten. Sie besitzen eingehende Fachkompetenz auf dem Gebiet der Naturstoffchemie und Naturstoff-synthese. Sie kennen alle relevanten Naturstoffklassen (z. B. Kohlenhydrate, Nucleotide, Peptide und Proteine, Alkaloide, Lipide, Polyketide, Aromaten und Terpene), können diese kategorisieren und kennen deren typische Strukturen bzw. Strukturelemente und etwaige Funktionen. Sie sind mit den wichtigsten Biosynthesewegen im Detail vertraut und kennen Methoden zur Aufklärung von Biosynthesewegen. Sie kennen Verfahren zur Isolation, Charakterisierung und Struktur-aufklärung von Naturstoffen, sonstiger Metabolite und anderer unbekannter Verbindungen oder Intermediate (z. B. aus biologischen Quellen). Sie sind vertraut mit klassischen und modernen Synthesansätzen und Synthesekonzepten zu allen relevanten Naturstoffklassen und können Synthesen kritisch analysieren und bewerten. Darüber hinaus sind die Studierenden in der Lage, eigenständig sinnvolle Synthesevorschläge zu allen relevanten Naturstoffklassen zu konzipieren. Die Studierenden sind überdies mit den Grundlagen der Medizinischen Chemie vertraut und kennen die Rolle von Naturstoffen im Bereich der Medizinalchemie sowie die Prinzipien medizinal-chemischer Forschung.
Inhalte	Es werden die wichtigsten Naturstoffklassen (z. B. Kohlenhydrate, Nucleotide, Peptide und Proteine, Alkaloide, Lipide, Polyketide, Aromaten und Terpene) unter Berücksichtigung der Biosynthese und der chemischen Synthese der entsprechenden Substanzen behandelt. Außerdem werden moderne Methoden zur Isolation und zur Strukturaufklärung vorgestellt. Darüber hinaus werden die Grundlagen der Medizinischen Chemie sowie Verfahren zur Identifikation von Leitstrukturen und Methoden zur Synthese von Substanzbibliotheken besprochen. Im Praktikum werden aktuelle Fragestellungen aus den Bereichen Wirkstoffdesign, Naturstoffchemie und Naturstoffsynthese sowie moderne Synthesechemie bearbeitet.
Lehrformen (Angabe in Semester- wochenstunden)	a) Naturstoffchemie (Vorlesung): 4 SWS b) Fortgeschrittenenpraktikum Naturstoffchemie (Praktikum): 6 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: CHE 102 Int. Empfohlen: keine
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: keine Art der Modulprüfung: Projektabschluss (benotet) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	a) Naturstoffchemie: 6 LP b) Fortgeschrittenenpraktikum Naturstoffchemie: 6 LP

Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	12 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Sommersemester
Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
Titel	Angewandte Organische Synthese
Sigle	CHE 121
Qualifikationsziele	Die Studierenden sind aufgrund ihres Verständnisses der Organischen Chemie aus dem Bachelor-Studiengang in der Lage, weiterführende Fragestellungen auch aus aktueller Forschung zu bearbeiten. Sie besitzen eingehende Fachkompetenz im Bereich mehrstufiger Synthesesequenzen und Totalsynthesen mit besonderer Berücksichtigung stereoselektiver Methoden und Katalyseverfahren. Dazu gehört sowohl die Analyse und Bewertung vorgegebener Reaktionssequenzen als auch die eigenständige Planung von Synthesen. Die Studierenden kennen klassische Konzepte der retrosynthetischen Analyse und können diese auf komplexe Zielstrukturen anwenden und berücksichtigen dabei auch stereoselektive Verfahren. Neben Methoden, die in Forschungslaboratorien genutzt werden, sind die Studierenden auch mit Synthesen und Verfahren zur Herstellung von Verbindungen im industriellen Maßstab vertraut und können diese kritisch analysieren. Im Praktikum, das in ein oder zwei Arbeitsgruppen des Instituts für Organische Chemie durchgeführt wird, wird das erworbene Wissen im Rahmen forschungsnaher Projekte praktisch angewendet.
Inhalte	Moderne, organische Synthesemethoden unter besonderer Berücksichtigung stereoselektiver Verfahren; Konzept der Retrosynthese, retrosynthetischen Analyse und Syntheseplanung; Beispiele aus Totalsynthesen komplexer Zielmoleküle aus Forschungslaboratorien und industriellen Synthesen; praktische Umsetzung und Anwendung in forschungsnahen Projekten in ein oder zwei Arbeitsgruppen des Instituts für Organische Chemie.
Lehrformen (Angabe in Semesterwochenstunden)	a) Angewandte Organische Synthese (Vorlesung): 3 SWS b) Fortgeschrittenenpraktikum Angewandte Organische Synthese (Praktikum): 7,9 SWS c) Teilnahme an 4 Gastvorträgen (Vorlesung oder Seminar): 0,1 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: CHE 102 Int. Empfohlen: keine
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: regelmäßige Teilnahme am Seminar (Anwesenheitspflicht) Art der Modulprüfung: Referat (benotet, 33 %), Projektabschluss (benotet, 67 %) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	a) Angewandte Organische Synthese: 4,5 LP b) Fortgeschrittenenpraktikum Naturstoffchemie: 7,4 LP c) Teilnahme an 4 Gastvorträgen: 0,1 LP

Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	12 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Wintersemester

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
Titel	Moderne Molekülchemie
Sigle	CHE 124
Qualifikationsziele	Nach Abschluss des Moduls können die Studierenden die Strukturen, Eigenschaften und Reaktivitäten ausgewählter Elemente und Verbindungs-klassen, vor allem der p-, d- und f-Elemente, erklären. Die Studierenden können moderne Konzepte der Bindungsaktivierung und Bindungsbildung der anorganischen und organischen Molekülchemie diskutieren und vergleichen sowie diese als Teilschritte von komplexen mechanistischen Zusammenhängen erklären. Sie können Anwendungen verschiedener Verbindungsklassen der p-, d-, f-Elemente in modernen Synthesen beschreiben, die zugrundeliegenden Eigenschaften auch durch Interpretation moderner Analysemethoden erklären. Die Studierenden gewinnen in diesem Modul einen umfassenden Überblick über aktuelle Forschungstrends in der Fachliteratur zu Themen der Molekülchemie.
Inhalte	Vorlesung: Physikochemische Aspekte spezieller Verbindungsklassen der Haupt- und Nebengruppenelemente, z.B. optische, magnetische, elektronische Eigenschaften; Synthesen und Anwendungen der modernen anorganischen Molekülchemie: u.a. Chemie der Lanthanoide/Actinoide sowie ausgewählter Elemente der p-Hauptgruppen; aktuelle Entwicklungen in der Übergangsmetallchemie; moderne Konzepte der Bindungsaktivierung (Elektro-/Photochemie, frustrierte Lewis-Paare, heterogene Materialien, Katalyse, etc.); Moderne Aspekte der Nachhaltigen Chemie; Kritikalität und Zirkularität von Elementen; spezielle Anwendungen im Bereich der molekularen Magnete, Farbstoffe, Sensoren, in der Bioanorganik und Medizinalchemie. Seminar: Teilnahme an einem Seminar über aktuelle Forschungsthemen; darin eigene Präsentation zu einem ausgewählten Thema der aktuellen Literatur zu anorganischen Molekülen; Diskussion von Struktur- und Reaktivitätsprinzipien sowie moderner Spektroskopie zur Aufklärung von Reaktionsmechanismen Forschungspraktikum: Aktuelle Fragestellungen der Molekülchemie der p-, d-, f-Elemente im Bereich der Bindungsaktivierung; Literaturrecherche; Struktur- und Reaktivitätsprinzipien; Mechanismusstudien; moderne Spektroskopie; elektronische und optische Eigenschaften.
Lehrformen (Angabe in Semesterwochenstunden)	a) Vorlesung Moderne Molekülchemie (Vorlesung): 2 SWS b) Seminar Moderne Molekülchemie (Seminar): 1 SWS c) Praktikum Moderne Molekülchemie (Praktikum): 7,5 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: CHE 101 Int. und CHE 102 Int. Empfohlen: keine
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: Praktikumsabschluss Art der Modulprüfung: Portfolio (benotet) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch

Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	a) Vorlesung Moderne Molekülchemie: 3 LP b) Seminar Moderne Molekülchemie: 1,5 LP c) Forschungspraktikum: 7,5 LP
Gesamtarbeits- aufwand des Moduls	12 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Sommersemester

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
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, Eulersche 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.
Lehrformen (Angabe in Semester- wochenstunden)	a) Vorlesung Kristallstrukturanalyse (V): 1 SWS b) Praktische Übungen zur Kristallstrukturanalyse (Ü): 2 SWS c) Kristallstrukturanalyse von Proteinen (V): 0,5 SWS d) Praktische Übungen zur Kristallstrukturanalyse (Ü): 0,5 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: CHE 101 Int. Empfohlen: keine
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: keine Art der Modulprüfung: i.d.R. mündliche Prüfung, abweichend Klausur (benotet) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch

Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	a) Vorlesung Kristallstrukturanalyse: 1,5 b) Praktische Übungen zur Kristallstrukturanalyse: 3 LP c) Kristallstrukturanalyse von Proteinen: 0,75 LP d) Praktische Übungen zur Kristallstrukturanalyse von Proteinen: 0,75 LP
Gesamtarbeits- aufwand des Moduls	6 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Sommersemester

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
Titel	Katalyse: Theorie, Mechanismen und Anwendungen
Sigle	CHE 128
Qualifikationsziele	Verständnis der physikalischen und chemischen Grundlagen der Katalyse. Beschreibung und Charakterisierung der verschiedenen Arten von Katalysatoren und katalytischen Reaktionen. Analyse und Beschreibung katalytischer Reaktionsmechanismen mittels theoretischer, spektroskopischer und präparativer Methoden. Analyse und Bewertung bestehender Katalyseprozesse zur Herstellung von Basischemikalien und funktionalisierten Molekülen. Beschreibung von technischen Stoffströmen. Beschreibung von ökonomischen und ökologischen Effizienzkriterien katalytischer Prozesse in Forschung und Produktion. Verständnis komplexer Reaktionsmechanismen und Anwendung auf aktuelle Forschungsthemen der Katalyseforschung.
Inhalte	Die Vorlesung gibt einen Überblick über: • die Grundlagen der Katalyse unter Betrachtung der physikalischen, chemischen und theoretischen Aspekte, • die analytischen, physikalischen und präparativen Methoden der Aufklärung von Reaktionsmechanismen, inkl. Kinetiken, Isotopeneffekte, Stereochemie, Reaktionsverfolgung mittels IR-, UV-Vis und NMR-Spektroskopie, • die Arten von Katalysatoren und deren Charakterisierung • aktuelle Trends in der Katalysforschung am Beispiel von Organokatalyse, Metall-Katalyse und spezieller Aspekte wie Elektro/Photo-Katalyse • technische Katalyseprozesse von fossilen und nachwachsenden Rohstoffen, Plattformchemikalien und funktionalisierten Feinchemikalien sowie ausgewählten Materialien und Wirkstoffen • spezielle Anwendungen der homogenen Metall-Katalyse und Koordinationschemie bei der Herstellung von organischen Molekülen in Industrie und Labor.
Lehrformen (Angabe in Semesterwochenstunden)	a) Katalyse I: Grundlagen und Anwendungen der homogenen Komplexkatalyse (V): 2 SWS b) Katalyse II: Theorie, Spektroskopie und Mechanismen (V): 2 SWS c) Aktuelle Trends in der angewandten Katalysforschung (P+S): 6 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: CHE 101 und CHE 102 Empfohlen: keine
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: regelmäßige Teilnahme am Seminar (Anwesenheitspflicht) Art der Modulprüfung: Projektabschluss (unbenotet, 0%) und mündliche Prüfung (benotet, 100%) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	a) Katalyse I: 3 LP b) Katalyse II: 3 LP c) Forschungspraktikum: 6 LP

Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	12 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Sommersemester

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
Titel	HighTech Polymerchemie
Sigle	CHE 130 A
Qualifikationsziele	Die Studierenden können neue Entwicklungen im Bereich der Polymerforschung und Produktionstechnologien in den entsprechenden beruflichen Kontext einordnen und vorstellen. Sie können die entsprechenden chemischen Prozesse in einen fachwissenschaftlichen Kontext einordnen. Sie können die Grundlagen der Verfahrens- und Apparatechnik wiedergeben und können diese auf industriell relevante Prozesse anwenden. Sie kennen wichtige technische Polymere und ihre Synthesewege und können auf ihre Eigenschaften schließen/ihre Eigenschaften begründet darstellen. Sie verstehen die spezifischen Eigenschaften von Polymer-Netzwerken und können ihre Funktionalität beschreiben.
Inhalte	Moderne fächerübergreifende Methoden, die zu einer ressourcenschonenden Intensivierung chemischer Prozesse führen, zur Verbesserung der Prozesssicherheit beitragen und inhärent sichere Reaktionsführung ermöglichen, werden vorgestellt und diskutiert. Auf der stofflichen Seite werden Zusatzstoffe für Kunststoffe, Elastomere (Gummi), Polymer-Blends, Harze, Lacke, Kleber, Schäume, Biokunststoffe, High-Performance Polymers, Polymermembranen, Funktionale Polymere, Nano-Polymere, Smart Polymers behandelt.
Lehrformen (Angabe in Semester- wochenstunden)	a) Mikroreaktionstechnik (V): 2 SWS b) HighTech Polymere und Werkstoffe (V): 2 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: CHE 106 oder einführende Veranstaltungen in die Technische und Makromolekulare Chemie
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: keine Art der Modulprüfung: Referat (benotet, 33 %) und Klausur (benotet, 67 %) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	a) Mikroreaktionstechnik: 3 LP b) HighTech Polymere und Werkstoffe: 3 LP
Gesamtarbeits- aufwand des Moduls	6 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Sommersemester

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
Titel	HighTech Polymerchemie - Praktikumsmodul
Sigle	CHE 130 B
Qualifikationsziele	Die Studierenden sind in der Lage, neue Entwicklungen in Wissenschaft und Technik im einschlägigen beruflichen Kontext in Experimenten umzusetzen, chemische Prozesse im fachwissenschaftlichen Kontext einzuordnen, hergestellte Polymere zu charakterisieren und einzuordnen. Weiterhin verstehen sie die Grundlagen der Verfahrens- und Apparatechnik und können sie situationsgerecht anwenden. Die Studierenden können moderne fächerübergreifende Methoden, die zu einer ressourcenschonenden Intensivierung chemischer Prozesse führen anwenden.
Inhalte	Selbstständige Durchführung eines Forschungsprojektes (auch als Teilprojekt eines Forschungsvorhabens) mit technisch-chemischen und physikalischen Aufgaben. Professionelle Dokumentation (in Schriftform, Präsentation als Managementauszug). Durchführung von scalen- und verfahrensübergreifenden Synthesen. Chemische Prozesse hinsichtlich Selektivität und Raum-Zeit-Ausbeute, Optimierung von Reaktorregelung und Charakterisierungen von in der Regel polymeren Produkten. Optimierung der Produkteigenschaften durch Verfahrensoptimierung und Anpassung von Synthesewegen.
Lehrformen (Angabe in Semesterwochenstunden)	Fortgeschrittenenpraktikum HighTech Polymerchemie (P): 6 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: CHE 130A Empfohlen: CHE 106 oder einführende Veranstaltungen in die Technische und Makromolekulare Chemie
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: keine Art der Modulprüfung: Referat (benotet, 33 %) und Klausur (benotet, 67 %) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	Fortgeschrittenenpraktikum HighTech Polymerchemie: 6 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Sommer- und Wintersemester

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
Titel	Wahlpflichtpraktikum
Sigle	CHE 131
Qualifikationsziele	Durch die wissenschaftliche Bearbeitung chemischer Inhalte und Fragestellungen vertiefen die Studierenden ihre fachliche Kompetenz (insbesondere moderner und anspruchsvoller Synthesemethoden oder moderner Techniken und Verfahren) und verknüpfen diese mit weiteren Schlüsselqualifikationen (insbesondere Methodenkompetenz, Arbeitsplanung, Sozialkompetenz/Teamarbeit, Erstellung von Protokollen unter der Verwendung chemie-spezifischer Software, Übung eines wissenschaftlichen Vortrags, Literaturrecherche) mit chemischen Inhalten.
Inhalte	Selbstständige Durchführung eines Forschungsprojektes in einer Arbeitsgruppe der Chemie nach Wahl.
Lehrformen (Angabe in Semester- wochenstunden)	Wahlpflichtpraktikum (P): 6 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: keine
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: keine Art der Modulprüfung: Projektabschluss (benotet) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	Wahlpflichtpraktikum: 6 LP
Gesamtarbeits- aufwand des Moduls	6 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Sommer- und Wintersemester

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
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-Theorie • Dichtefunktionaltheorie (DFT): Vertiefung formaler Aspekte • Fakultativ: zeitabhängige Methoden, neue Korrelationsmethoden, Elektronentransfer und -transport, Green's-Funktionen in der Chemie, Relativistische Quantenchemie, magnetische Eigenschaften
Lehrformen (Angabe in Semester- wochenstunden)	a) Quantenchemie II (V): 2 SWS b) Übungen zur Quantenchemie II (Ü): 2 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Veranstaltungen zu Grundlagen der Quantenmechanik
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: keine Art der Modulprüfung: i.d.R. mündliche Prüfung (benotet), abweichend Klausur (benotet) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	a) Quantenchemie: 3 LP b) Übungen zur Quantenchemie: 3 LP
Gesamtarbeits- aufwand des Moduls	6 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Sommersemester

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
Titel	Elektronentransport durch Moleküle und Nanoskopische Systeme
Sigle	CHE 136
Qualifikationsziele	Die Studierenden sind in der Lage, verschiedene Modelle und Mechanismen der elektrischen Leitfähigkeit für unterschiedliche Systeme zu erklären, diskutieren und zu bewerten. Sie sind in der Lage, numerische Modelle zu konstruieren und mit diesen Simulationen durchzuführen.
Inhalte	Geeignet als Ergänzung zum Modul CHE 139 (Nanoelektronik und -sensorik). Detaillierte Einführung in verschiedene Modelle der elektrischen Leitfähigkeit, mit einem Fokus auf die Phänomene und Konzepte in der molekularen Elektronik, Spintronik und anderer nanoskopischer Systeme. Besprochen werden unter anderem: • Wieso molekulare Elektronik und Spintronik? • Verschiedene Transport-Mechanismen (Tunneln, Hopping) – woraus muss man bei der theoretischen Beschreibung achten? • Ladungstransport durch Nanopartikel und Nanopartikelnetzwerke • Zusammenhang Struktur-Leitwert • Quanteninterferenz – wieso leiten manche Moleküle deutlich schlechter als strukturell sehr ähnliche? • Einfluss von Magnetfeldern und ungepaarten Spins, helikale Moleküle als Spinfilter • Moleküle als Gleichrichter • Schaltbare Moleküle • Molekulare Optoelektronik • Mechanische Kontrolle • Transport durch zweidimensionale Systeme • Welche Anwendungsmöglichkeiten gibt es? Diese Themen werden ergänzt durch Simulationen und Modelle, welche von den Studierenden selber durchgeführt oder angepasst werden.
Lehrformen (Angabe in Semester- wochenstunden)	Elektronentransport durch Moleküle und Nanoskopische Systeme (V): 2 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: CHE 107 Empfohlen: Veranstaltungen zu Grundlagen der Quantenmechanik sowie grundlegende Python Kenntnisse
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: keine Art der Modulprüfung: i.d.R. mündliche Prüfung (benotet), abweichend Klausur (benotet) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	Elektronentransport durch Moleküle und Nanoskopische Systeme: 3 LP

Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	3 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Sommersemester

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
Titel	Sustainable Soft Materials – Vorlesungsmodul
Sigle	CHE 137 A
Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen die Charakteristika von Soft Matter und verschiedener dazugehöriger Stoffklassen, insbesondere Polymere, Netzwerke, Gele, Vitrimere und Kolloide. Sie haben Kenntnis von nachhaltigen Synthesemethoden für solche Materialien. Diese Kenntnisse werden in einem Referat über eine Fachpublikation im Seminar mit anschließender Diskussion angewendet.
Inhalte	• Festkörperphysikalische Grundlagen der Photovoltaik • Bändermodell im Halbleiter • Dotierung von Halbleitern • p-n Übergang mit Ladungstrennung • Eigenschaften der Solarstrahlung • Solarzellen der ersten, zweiten und dritten Generation • Dynamische Elektrochemie • Transportprozesse und Elektrodenkinetik • Typen von Brennstoffzellen mit ihren Wirkungsgraden • Elektrochemische Untersuchungsverfahren
Lehrformen (Angabe in Semester- wochenstunden)	Sustainable Soft Materials (S): 2 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Einführende Veranstaltungen der Anorganischen und Physikalischen Chemie
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: regelmäßige Teilnahme am Seminar (Anwesenheitspflicht) Art der Modulprüfung: Referat (benotet) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	Sustainable Soft Materials: 3 LP
Gesamtarbeits- aufwand des Moduls	3 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Sommersemester

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
Titel	Sustainable Soft Materials - Praktikumsmodul
Sigle	CHE 137 B
Qualifikationsziele	Die Studierenden erwerben praktische Erfahrung auf dem Gebiet der Herstellung und Charakterisierung von polymeren Materialien bzw. Kolloiden mit Methoden nachhaltiger (grüner) Chemie oder Erfahrung in der theoretischen Behandlung solcher Materialien. Sie sollen die Fähigkeit zu eigenständigem Arbeiten und eigenständiger Forschungsplanung innerhalb eines Forschungsprojektes in Kooperation mit einem Team in einem Arbeitskreis erwerben, das Protokoll soll im Stil einer wissenschaftlichen Veröffentlichung erstellt werden und dient der Fähigkeit, Texte für eine Publikation zu erstellen.
Inhalte	Herstellung und Charakterisierung oder theoretische Arbeiten in Themengebieten des Vorlesungsmoduls Sustainable Soft Materials – Vorlesungsmodul.
Lehrformen (Angabe in Semester- wochenstunden)	Sustainable Soft Materials (P): 6 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: CHE 137 A Empfohlen: Praktika der Anorganischen und Organischen Chemie, Praktika der Physikalischen Chemie und der Technischen und Makromolekularen Chemie
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: keine Art der Modulprüfung: Projektabschluss (benotet) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	Praktikum Sustainable Soft Materials: 6 LP
Gesamtarbeits- aufwand des Moduls	6 LP (P = 140 Std. / S = 20 Std. / PV = 20 Std.)
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Sommersemester

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
Titel	Laserspektroskopie an Nanostrukturen - Vorlesungsmodul
Sigle	CHE 138 A
Qualifikationsziele	Die Studierenden verstehen die Konzepte von Lasern sowie der optischen Spektroskopie nanoskaliger Materialien. Die Studierenden verstehen Zusammenhänge von quantenmechanischen Übergängen mit optischen Spektren.
Inhalte	Licht-Materie-Wechselwirkung und ihre Beschreibung, Prinzipielle Funktionsweise von Lasern, Laserresonatoren, Erzeugung ultrakurzer Laserpulse, Beispiele von Lasern für Spektroskopie an Nanostrukturen, Zeitaufgelöste Spektroskopie: Photonenzählen und Pump-Probe-Verfahren, Frequenzauflöste Spektroskopie: Raman und Photolumineszenz, Ortsaufgelöste Methoden: Konfokale Mikroskopie.
Lehrformen (Angabe in Semester- wochenstunden)	Laserspektroskopie an Nanostrukturen (S): 2 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: CHE 103 Int. Empfohlen: Veranstaltungen zu Grundlagen der Quantenmechanik und Spektroskopie
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: keine Art der Modulprüfung: i.d.R. mündliche Prüfung, abweichend Klausur (benotet) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	Laserspektroskopie an Nanostrukturen: 3 LP
Gesamtarbeits- aufwand des Moduls	3 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Sommersemester

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
Titel	Laserspektroskopie an Nanostrukturen - Praktikumsmodul
Sigle	CHE 138 B
Qualifikationsziele	Die Studierenden erwerben Kenntnisse und praktische Kompetenzen in Gebieten der optischen Spektroskopie nanoskaliger Materialien. Die Studierenden führen dazu anspruchsvolle präparative und analytische Experimente durch: Analysieren unterschiedlicher dynamischer Prozesse in nanokristallinen Festkörpern. Analysieren der Signalentstehung unterschiedlicher Spektroskopieverfahren. Sie kooperieren innerhalb des Teams der gastgebenden Arbeitsgruppe. Die Studierenden organisieren ihre praktische Arbeit im Labor und planen Experimente oder experimentelle Reihen. Dazu recherchieren sie die notwendige Literatur und fassen diese im Protokoll zusammen. In dem Protokoll dokumentieren sie auch die durchgeführten Experimente und bewerten die erarbeiteten Ergebnisse.
Inhalte	Licht-Materie-Wechselwirkung und ihre Beschreibung, Prinzipielle Funktionsweise von Lasern, Laserresonatoren, Erzeugung ultrakurzer Laserpulse, Beispiele von Lasern für Spektroskopie an Nanostrukturen, Zeitaufgelöste Spektroskopie: Photonenzählen und Pump-Probe-Verfahren, Frequenzauflöste Spektroskopie: Raman und Photolumineszenz, Ortsaufgelöste Methoden: Konfokale Mikroskopie
Lehrformen (Angabe in Semesterwochenstunden)	Laserspektroskopie an Nanostrukturen (P): 6 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: CHE 103 Int., 138 A Empfohlen: Veranstaltungen zu Grundlagen der Quantenmechanik und Spektroskopie
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: keine Art der Modulprüfung: Projektabschluss (benotet) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	Laserspektroskopie an Nanostrukturen: 6 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jedes Semester

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
Titel	Nanomaterialien in Optik, Elektronik und Sensorik
Sigle	CHE 139
Qualifikationsziele	Die Studierenden erwerben Kenntnisse der optischen und elektronischen Eigenschaften von Nanomaterialien und ihren Anwendungsmöglichkeiten als Sensoren. Diese dienen den Studierenden bei der selbstständigen, wissenschaftlichen Bearbeitung von physikalisch-chemischen Fragestellungen als Grundlage für nachhaltige Lösungsansätze. Die Studierenden kennen die spezifischen optischen und elektronischen Eigenschaften von Nanomaterialien und können diese den Funktionsprinzipien unterschiedlicher elektronischer Bauteile und Sensortypen zuordnen. Sie verstehen grundlegende Zusammenhänge der Festkörperphysik und können diese zur Bewertung der Vor- und Nachteile verschiedener Sensortypen für unterschiedliche Anwendungsbedarfe verwenden. Sie können die Funktionsweise von Sensoren mit optischer oder elektrischer Signaltransduktion auf der Grundlage klassischer und quantenmechanischer Modelle sowie der Verwendung von Ersatzschaltbildern analysieren und deuten. Die Studierenden sind befähigt, fachspezifische Literaturrecherchen auszuführen. Sie sind in der Lage, für gegebene Anwendungsprobleme Lösungsvorschläge für die Konstruktion geeigneter Sensoren aus Nanomaterialien zu erarbeiten.
Inhalte	• Herstellung metallischer und halbleitender Nanomaterialien • Spektroskopische und mikroskopische Methoden zur Charakterisierung von Nanomaterialien • Optische und elektrische Eigenschaften metallischer und halbleitender Nanostrukturen • Funktionsprinzip elektrischer Bauteile auf der Basis von Nanostrukturen • Funktionsprinzipien chemischer und physikalischer Sensoren • Sensoren aus Nanomaterialien mit optischer Signaltransduktion • Sensoren aus Nanomaterialien mit elektrischer Signaltransduktion • Beispiele zur aktuellen Forschung: Vorteile von Nanomaterialien zur Konstruktion hoch empfindlicher chemischer und physikalischer Sensoren
Lehrformen (Angabe in Semesterwochenstunden)	a) Nanomaterialien in Optik, Elektronik und Sensorik (V): 3 SWS b) Seminar Nanomaterialien in Optik, Elektronik und Sensorik (S): 1 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Einführende Veranstaltungen zur Anorganischen und Physikalischen Chemie (CHE 101 (Int.) und CHE 103 (Int.))
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: keine Art der Modulprüfung: Referat (benotet, 40 %) und Klausur (benotet, 60 %) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	a) Nanomaterialien in Optik, Elektronik und Sensorik: 4,5 LP b) Seminar Nanomaterialien in Optik, Elektronik und Sensorik: 1,5 LP

Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Sommersemester

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
Titel	Auslandsaufenthalt
Sigle	CHE 140
Qualifikationsziele	Die Studierenden erwerben Erfahrungen im internationalen Forschungsumfeld. Die Studierenden vertiefen ihr Wissen in ausgewählten grundlegenden und/oder aktuellen Forschungsthematiken, wobei die Dokumentation und Auswertung der Daten, Literaturrecherche sowie die Validierung und Präsentation wissenschaftlicher Fragestellungen im Vordergrund stehen.
Inhalte	Forschungspraktikum (P): 18-30 SWS
Lehrformen (Angabe in Semester- wochenstunden)	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Unterrichtssprache	Verbindlich: keine Empfohlen: keine
Voraussetzungen für die Teilnahme	Voraussetzungen zur Modulprüfung: keine Art der Modulprüfung: Projektabschluss (benotet, 50 % von einem Erstgutachter (Gasthochschule) und 50 % von einem Zweitgutachter (Universität Hamburg)). Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	Forschungspraktikum: 18-30 LP, je nach Dauer des Praktikums
Gesamtarbeits- aufwand des Moduls	18-30 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Winter- und Sommersemester

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
Titel	Einführung in die Membrantechnologie
Sigle	CHE 146
Qualifikationsziele	Kennen der verschiedenen membranbasierten Trennverfahren und ihrer Einsatzgebiete, Anwenden der Kenntnisse aus der Thermodynamik und Kinetik um Stofftransportmechanismen in porösen und nichtporösen Membranen erklären zu können, Anwenden von Kenntnissen aus der makromolekularen und anorganischen Chemie um Eigenschaften von Membranmaterialien diskutieren zu können.
Inhalte	Membranmaterialien, Membranherstellung, Stofftransport in Membranen, Membranmodule, Membranverfahren (Mikro- und Ultrafiltration, Nanofiltration, Gastrennung, Umkehrosmose, Dialyse, Elektrodialyse).
Lehrformen (Angabe in Semester- wochenstunden)	a) Einführung in die Membrantechnologie (V): 1 SWS b) Seminar zur Membrantechnologie (S): 1 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Einführende Veranstaltungen der Physikalischen Chemie, Anorganischen Chemie und der Technischen und Makromolekularen Chemie
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: Regelmäßige Teilnahme am Seminar (Anwesenheitspflicht) Art der Modulprüfung: i.d.R. Referat (benotet), abweichend Klausur (benotet) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	a) Einführung in die Membrantechnologie: 1,5 LP b) Seminar zur Membrantechnologie: 1,5 LP
Gesamtarbeits- aufwand des Moduls	3 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Wintersemester

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
Titel	Water in special environments
Sigle	CHE 156
Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen die grundlegenden physikalisch-chemischen Eigenschaften des Wassers und können diese erklären sowie auf das Verhalten von Wasser und wässrigen Lösungen in verschiedenen Umgebungen anwenden. Die Studierenden können, eingebunden in ein Team, einen Beitrag zu einem kleinen Forschungsprojekt auf dem Gebiet der physikalisch-chemischen Eigenschaften von Wasser in verschiedenen Umgebungen eigenständig planen und durchführen sowie die Ergebnisse strukturiert in einem Vortrag darstellen.
Inhalte	Vorlesung: 1. Einführung in die Strukturen und Eigenschaften von Wasser und Eis 2. Betrachtungen zu ausgewählten Anomalien von Wasser 3. Wasser in anorganischen Umgebungen (Poren, Gesteine) 4. Wasser in biologischen Umgebungen (Proteine, Aquaporine) 5. Wasser in technischen Prozessen (Green Chemistry) 6. Wasser im Universum (extreme Bedingungen) 7. Wässrige Salzlösungen (Struktur- und Eigenschaftsänderungen) 8. Methoden: XRD, SAXS, SANS, Korrelationsspektroskopie (XPCS, XCCA), PDF, Raman, IR, DSC/Kalorimetrie, QENS, MAS-NMR, PFG-NMR Praktikum: 1. Erlernen von Syntheseverfahren zur Herstellung nanoporöser Materialien mit definierter Porosität 2. Erlernen verschiedener Techniken zur Befüllung von Nanoporen mit Wasser und wässrigen Lösungen. 3. Erlernen der Anwendung verschiedener Methoden (in Theorie und Praxis) zur Charakterisierung des Phasenverhaltens von Wasser und wässrigen Lösungen in verschiedenen Umgebungen
Lehrformen (Angabe in Semester- wochenstunden)	a) Water in special environments (V): 2 SWS b) Forschungspraktikum Water in special environments (P): 6 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: keine
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: keine Art der Modulprüfung: mündliche Prüfung (benotet, 33 %) und Projektabschluss (benotet, 67 %) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	a) Water in special environments: 3 LP b) Forschungspraktikum: 6 LP

Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	9 LP (P = 188 Std. / S = 25 Std. / PV = 47 Std.)
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Sommersemester

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
Titel	Nachhaltige Erzeugung von Plattformchemikalien
Sigle	CHE 161
Qualifikationsziele	Die Studierenden analysieren und bewerten bestehende Prozesse zur Herstellung von Basischemikalien auf Basis fossiler Rohstoffe im Hinblick auf Substitutionsmöglichkeiten. Die Studierenden erhalten einen Überblick möglicher biogener Rohstoffe für den Einsatz in der chemischen Industrie. Die Studierenden erarbeiten Konzepte zur nachhaltigen Erzeugung ausgewählter Plattformchemikalien. Die Studierenden bewerten und vergleichen bestehende Prozesse mit den alternativen auf Basis biogener Rohstoffe.
Inhalte	Die Vorlesung gibt einen Überblick über Möglichkeiten zur nachhaltigen Erzeugung von Plattformchemikalien aus biogenen Rohstoffen. Im Vordergrund stehen Prozesse zur chemischen Umwandlung von Kohlenhydraten, Triglyceriden sowie Lignocellulose zu Intermediaten für die Polymer- und Pharmaindustrie. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Herstellung marktgängiger Kraftstoffe und Chemikalien auf Basis regenerativer Energien und Biomasse als einzig verfügbare regenerative Kohlenstoffquelle. Anhand ausgewählter Beispiele aus aktueller Forschung und Literatur sollen Wege zur chemischen Wertschöpfung aus nachwachsenden Rohstoffen aufgezeigt werden. Zu Beginn der Vorlesung wird die Problematik der absehbaren Verknappung von fossilen Rohstoffen zur Erzeugung von Plattformchemikalien aufgegriffen und mögliche Lösungsszenarien vorgestellt. Anschließend werden ausführliche Beispiele aus unserer aktuellen Forschung sowie weitere großtechnisch relevante Prozesse behandelt. Zum Abschluss werden Perspektiven für die Substitution fossiler Rohstoffe in weiteren chemischen Produktionsprozessen aufgezeigt. Des Weiteren sollen neuartige Katalysatorsysteme aus der Stoffgruppe der Polyoxometallate zur Umwandlung von komplexen Biomassen in selektiven Wertschöpfungsketten vorgestellt werden. <u>Block 1: Einführung und Grundlagen</u> • Einführung in die Problematik • Definition und Einteilung von Biomasse <u>Block 2: Biobasierte Säuren als Bsp. für Plattformchemikalien</u> • Herstellung biogener Ameisensäure im OxFA-Prozess • Nachhaltige Erzeugung von Acrylsäure • Biobasierte Bernsteinsäure-ein vielseitiger Alleskönner • Selektive Depolymerisation von Lignin zu funktionalisierten Aromatischen Säuren <u>Block 3: Biobasierte Kunststoffe als Bsp. für Plattformchemikalien</u> • Herstellung von PLA als bioabbaubarer Kunststoff • Alternative Herstellung von Ethylen aus Bioethanol oder Biomethan zur PE-Synthese • Erzeugung grüner PET-Substitute aus Biomasse <u>Block 4: Nachhaltige Prozesspfade zur Einkopplung regenerativer Energieträger</u> • Power-to liquid am Beispiel Methanol aus CO₂ und regenerativem Wasserstoff • Power-to gas am Beispiel Methan aus CO₂ und regenerativem Wasserstoff • Ausblick auf weitere Substitutionsmöglichkeiten für erdöl/erdgasbasierte Produkte

Lehrformen (Angabe in Semester- wochenstunden)	a) Nachhaltige Erzeugung von Plattformchemikalien (V): 2 SWS b) Übung Nachhaltige Erzeugung von Plattformchemikalien (Ü): 1 SWS c) Nachhaltiges Praktikum (P): 1 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Einführende Veranstaltungen zur Anorganischen Chemie, Organischen Chemie und Technischen Chemie
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: Praktikumsabschluss Art der Modulprüfung: mündliche Prüfung (benotet) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	a) Nachhaltige Erzeugung von Plattformchemikalien: 3 LP b) Übung Nachhaltige Erzeugung von Plattformchemikalien: 1,5 LP c) Nachhaltiges Praktikum: 1,5 LP
Gesamtarbeits- aufwand des Moduls	6 LP (P = 72 Std. / S = 73 Std. / PV = 35 Std.)
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Wintersemester

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
Titel	Power-to-X Technologien
Sigle	CHE 162
Qualifikationsziele	Die Studierenden analysieren und bewerten die Energiewende in Deutschland. Die Studierenden erhalten einen Überblick über die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten von Power-to-X Technologien. Die Studierenden erarbeiten Konzepte zur technischen Umsetzung von Power-to-X Verfahren. Die Studierenden bewerten und vergleichen verschiedene Power-to-X Konzepte im Hinblick auf ihre technischen Herausforderungen und den gesellschaftlichen Nutzen. Die Studierenden lernen praktische Aspekte der Energieumwandlung zu Plattformchemikalien anhand labortechnischer Experimente.
Inhalte	Die Vorlesung gibt einen Überblick verschiedener Power-to-X Konzepte im Kontext der deutschen Energiewende • Regenerative Überschussenergie • Elektrolyse • CO₂-Quellen für Power-to-X • Power-to-Heat • Power-to-Power • Power-to-Gas (SNG) • Power-to-Syngas • Power-to-Methanol • Power-to-Fuels • Power-to-Ammonia • LOHC (Liquid organic hydrogen carrier) • Ökonomischer und ökologischer Vergleich verschiedener Konzepte
Lehrformen (Angabe in Semesterwochenstunden)	a) Power-to-X-Technologien (V): 2 SWS b) Übungen Power-to-X-Technologien (Ü): 1 SWS c) Praktikum Power-to-X (P): 1 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: CHE 117 Reaktionstechnik, CHE 161 Nachhaltige Erzeugung von Plattformchemikalien
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: Praktikumsabschluss Art der Modulprüfung: mündliche Prüfung (benotet) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	a) Nachhaltige Erzeugung von Plattformchemikalien: 3 LP b) Übungen Nachhaltige Erzeugung von Plattformchemikalien: 1,5 LP c) Nachhaltiges Praktikum: 1,5 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Wintersemester

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
Titel	Biohybrid nanostructures - Vorlesungsmodul
Sigle	CHE 163 A
Qualifikationsziele	Die Studierenden besitzen Kenntnisse zum Einsatz von Biomolekülen für das Design und die Synthese von biohybriden Nanostrukturen, die aus Biomolekülen und anorganischen Komponenten bestehen. Diese Kenntnisse dienen den Studierenden bei der selbstständigen Bearbeitung von wissenschaftlichen Fragestellungen als Grundlage für die Entwicklung eigener Lösungsansätze. Dazu kennen die Studierenden die Grundlagen der Proteinstrukturbestimmung und die Möglichkeiten des Proteindesigns. Die Studierenden verstehen die verschiedenen Methoden zur Charakterisierung von Nanostrukturen inkl. ihrer Stärken und Limitationen und können beurteilen, welche Methoden bei diskutierten Fragestellungen einzusetzen sind. Sie können Methoden zur Anordnung von Nanostrukturen diskutieren und die kollektiven Eigenschaften von Nanomaterialien erklären. Die Studierenden haben gelernt, mögliche Anwendungen von biohybriden Nanostrukturen zu analysieren und können auswählen, welche Bausteine für die jeweilige Anwendung geeignet sind.
Inhalte	• Biomineralization and bio-template-based synthesis of nanostructures • Biomolecules (proteins, DNA) as building blocks for nanomaterials • Protein and enzyme design • Methods for protein structure elucidation, especially protein crystallography • Inorganic nanoparticle synthesis • Characterization of nanostructures using modern methods such as SAXS, DLS, SANS, electron microscopy, synchrotron methods • Collective properties of nanomaterials • Arrangement of nanoscale building blocks into ordered structures • Applications of biohybrid nanostructures
Lehrformen (Angabe in Semesterwochenstunden)	Biohybrid nanostructures (V): 2 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: Einführende Veranstaltungen der Anorganischen und Physikalischen Chemie und Biochemie
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: keine Art der Modulprüfung: mündliche Prüfung (benotet), abweichend Klausur (benotet) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	Biohybrid nanostructures: 3 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	3 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Sommersemester

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
Titel	Biohybrid nanostructures Praktikumsmodul
Sigle	CHE 163 B
Qualifikationsziele	Die Studierenden besitzen Kenntnisse und praktische Kompetenzen im Gebiet der biohybriden Nanostrukturen. Dazu führen sie anspruchsvolle präparative und analytische Experimente durch und kooperieren innerhalb des Teams der gastgebenden Arbeitsgruppe. Die Studierenden organisieren ihre praktische Arbeit im Labor und planen Experimente oder experimentelle Reihen. Dazu recherchieren sie die notwendige Literatur und fassen diese in einem Abschlussbericht zusammen. Im Abschlussbericht dokumentieren sie auch die durchgeführten Experimente und bewerten die erarbeiteten Ergebnisse.
Inhalte	Der Inhalt orientiert sich am konkreten Forschungsprojekt. Eines oder mehrere der folgenden Themen werden dabei abgedeckt: • Biotemplat-basierte Synthese von Nanopartikeln • Synthese von biohybriden Nanostrukturen • Proteindesign und Proteinredesign • Proteinproduktion und Proteinaufreinigung • Kristallisation von biohybriden Materialien und Proteinkristallographie • Charakterisierungsmethoden für biohybride Nanostrukturen
Lehrformen (Angabe in Semesterwochenstunden)	Praktikum Biohybrid nanostructures (P): 6 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: CHE 163 A Empfohlen: Einführende Veranstaltungen der Anorganischen und Physikalischen Chemie und Biochemie
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: keine Art der Modulprüfung: Projektabschluss (Abschlussbericht und Referat, benotet) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	Praktikum Biohybrid nanostructures: 6 LP
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	6 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Sommersemester

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
Titel	Industrielle homogene Katalyse
Sigle	CHE 164
Qualifikationsziele	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht: Die Studierenden sind in der Lage: • das Prinzip der homogenen Katalyse erläutern, • einen Überblick über die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten der homogenen Katalyse in der Industrie geben, • verschiedene homogen katalysierte Reaktionen im Hinblick auf ihre technischen Herausforderungen und wirtschaftliche Bedeutung bewerten. • Konzepte zur technischen Umsetzung von homogen katalysierten Reaktionen zu entwickeln, • praktische Aspekte der homogenen Katalyse anhand labor-technischer Experimente zu bewerten, • das erlernte Wissen auf verschiedene homogen katalysierte Reaktionen anwenden. • selbstständig in einer interdisziplinären Kleingruppe Lösungsansätze und Probleme im Bereich der homogenen Katalyse zu diskutieren, • in kleinen Gruppen fachspezifische Aufgaben gemeinsam bearbeiten, • anhand von labortechnischen Experimenten die praktischen Aspekte der homogenen Katalyse zu erarbeiten, die Analytik der Produkte durchzuführen und zu bewerten sowie die Ergebnisse der Versuche in einem Protokoll präzise zusammenzufassen.
Inhalte	Vorlesungsinhalte: • Einführung in die homogene Katalyse • Elementarschritte der Katalyse • Homogene Übergangsmetallkatalyse • Hydroformylierung • Wacker-Prozess • Monsanto-Verfahren • Shell higher olefin process (SHOP) • Extraktiv-oxidative Entschwefelung (ECODS) • Phasentransfer-Katalyse • Flüssig-Flüssig-Zweiphasen-Katalyse • Katalysator-Recycling • Reaktorkonzepte In der Hörsaalübung werden die Inhalte der Vorlesung weiter vertieft und in die praktische Anwendung überführt. Dies geschieht anhand von Beispielaufgaben aus der Praxis, die den Studierenden zur Verfügung gestellt werden. Die Studierenden sollen diese Aufgaben mit Hilfe des Vorlesungsstoffes eigenständig oder in Gruppen lösen. Die Lösung wird dann mit den Studierenden unter wissenschaftlicher Anleitung diskutiert, wobei Aufgabenteile an der Tafel präsentiert werden. Im Laborpraktikum werden praxisnahe Experimente mit Bezug zur industriellen Anwendung der homogenen Katalyse durchgeführt. Hierbei werden den Studierenden die Hürden zur technischen Umsetzung von homogen katalysierten Reaktionen verdeutlicht.

	Die zugehörige Analytik der Versuchsproben ist ebenfalls Bestandteil des Laborpraktikums und wird von den Studierenden selbst durchgeführt und ausgewertet. Die Ergebnisse werden in einem Versuchsprotokoll präzise zusammengefasst und wissenschaftlich dargestellt.
Lehrformen (Angabe in Semester- wochenstunden)	a) Industrielle homogene Katalyse (V): 2 SWS b) Übungen Industrielle homogene Katalyse (Ü): 1 SWS c) Katalyse in der Anwendung (P): 1 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: CHE 117 Reaktionstechnik, CHE 161 Nachhaltige Erzeugung von Plattformchemikalien
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: keine Art der Modulprüfung: mündliche Prüfung (benotet, 100 %) und Praktikumsabschluss (unbenotet, 0 %) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	a) Nachhaltige Erzeugung von Plattformchemikalien: 3 LP b) Übung Nachhaltige Erzeugung von Plattformchemikalien: 1,5 c) Nachhaltiges Praktikum: 1,5 LP
Gesamtarbeits- aufwand des Moduls	6 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Wintersemester

Modultyp	Fortgeschrittenenmodul, Wahlpflicht Vertiefungsphase
Titel	Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie
Sigle	CHE 172
Qualifikationsziele	Die Studierenden erwerben tiefergehende Kenntnisse zur Herstellung von Wasserstoff und deren Nutzung sowie Transport/Speicherung. Sie sind in der Lage, die verschiedenen Technologien zu erklären sowie zu bewerten. Weiterhin können sie die Protonenaustauschmembran (PEM) Brennstofftechnologie im Detail erklären, bewerten sowie einen Zusammenhang zwischen Komponenten- / Materialauswahl und Betriebsweise / Anwendungsfall herstellen. Die Studierenden können ihr erlerntes Wissen auf konkrete Fragestellungen anwenden und Lösungswege skizzieren.
Inhalte	<u>Vorlesung</u> <i>Themengebiet Wasserstoff:</i> Eigenschaften von Wasserstoff, Wasserstoff als Energieträger, Bedeutung von Wasserstoff in der chemischen Industrie, Unterschiede und kritische Bewertung der verschiedenen Technologien zur Herstellung von Wasserstoff wie z.B. Dampfreforming, Wasserelektrolyse, Betrachtung des CO₂ Footprints für die verschiedenen Herstellungstechnologien, Investition- und Produktionskosten, Vergleich mit anderen Energieträgern, Anwendungsfelder sowie verschiedene Transport und Speichertechnologien, Bewertung von Polarisationskurven eines Elektrolyseurs, Wärme- und Stoffbilanz, Komponentenauswahl. <i>Themengebiet PEM Brennstoffzelle:</i> Komponenten und Materialauswahl, Katalysatorsysteme, Katalysator-beschichtete Membranen, Strom-Spannungskennlinien, Stoff- und Ladungstransportvorgänge, Wasser- und Wärmemanagement, Charakterisierung von Komponenten eines Brennstoffzellenstapels und deren spezifischen Funktionen, Bewertung von Polarisationskurven und die Ermittlung von idealen Betriebsstrategien von Brennstoffzellenstapel, mögliche Anwendungsfelder, Degradationsmechanismen in der PEM-Brennstoffzelle, Entwicklung von beschleunigten Alterungstests (AST) zur Untersuchung der Nutzungsdauer. <u>Seminar</u> Eigenständige Präsentation zu einem Teilaspekt der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. <u>Exkursion</u> Die praktische Anwendung der Wasserstoff- und/oder Brennstoffzellentechnologie bei einer Besichtigung oder Fachmesse erleben.
Lehrformen (Angabe in Semester- wochenstunden)	a) Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (V): 2 SWS b) Seminar Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (S): 1 SWS c) Exkursion Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (P): 1 SWS
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: keine Empfohlen: keine

Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: Teilnahme an der Exkursion (Anwesenheitspflicht) Art der Modulprüfung: mündliche Prüfung (benotet) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	a) Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie: 3 LP b) Seminar Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie: 2 LP c) Exkursion Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie: 1 LP
Gesamtarbeits- aufwand des Moduls	6 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jährlich im Wintersemester

II.3. Modulbeschreibung der Abschlussarbeit:

Modultyp	Pflichtmodul
Titel	Masterarbeit
Sigle	CHE 110
Qualifikationsziele	Die Studierenden arbeiten selbstständig wissenschaftlich und vertiefen sich hierbei exemplarisch in ein Gebiet der Chemie in Theorie und Praxis. Sie kennen die Regeln der guten wissenschaftlichen Praxis sowie wichtige Veröffentlichungen und Theorien des bearbeiteten Spezialgebietes und wenden dieses Wissen gezielt an.
Inhalte	Die Studierenden haben unter Anleitung die Fähigkeit zur vertieften selbstständigen wissenschaftlichen Bearbeitung eines aktuellen Themas aus einem Teilgebiet der Chemie in Theorie und/oder Praxis erlernt. Sie kennen die Regeln der guten wissenschaftlichen Praxis, haben einen vertieften Überblick über wichtige Veröffentlichungen, experimentelle Erkenntnisse und Theorien des bearbeiteten Spezialgebietes und wenden dieses Wissen gezielt an. Sie können Arbeitspläne zur zielgerichteten Bearbeitung der Aufgabe entwickeln und diese durch Anwendung erlernter fachspezifischer wissenschaftlicher Methoden und Literaturrecherche selbstständig umsetzen. Sie sind in der Lage, in Rücksprache mit der Betreuerin bzw. dem Betreuer eigenständig Versuche und/oder Simulationen zu planen. Sie werten Ergebnisse aus und können diese kritisch interpretieren und bewerten sowie kritisch im Vergleich zu wissenschaftlichen Publikationen und Vorträgen diskutieren. Ihre Methodenkompetenz umfasst außerdem die Erstellung eines wissenschaftlichen Berichtes und dessen mündliche Präsentation mit anschließender Diskussion der Arbeit.
Unterrichtssprache	Englisch oder Deutsch, i. d. R. Englisch
Voraussetzungen für die Teilnahme	Verbindlich: Zur Masterarbeit kann zugelassen werden, wer alle Module der Einführungsphase und Wahlpflichtmodule der Vertiefungsphase im Umfang von mindestens 36 LP sowie das Forschungspraktikum erfolgreich abgeschlossen hat. Ein Wahlpflichtmodul der Vertiefungsphase darf angemeldet und noch nicht abgeschlossen sein. Empfohlen: keine
Modulabschluss	Voraussetzungen zur Modulprüfung: keine Art der Modulprüfung: Masterarbeit (benotet, 5/6) und Kolloquium (benotet, 1/6) Prüfungssprache: i. d. R. Englisch
Arbeitsaufwand (Teilleistungen)	Masterarbeit + Kolloquium (30 LP)
Gesamtarbeitsaufwand des Moduls	30 LP
Dauer	1 Semester
Häufigkeit des Angebots	Jedes Semester

Zu §23 Inkrafttreten

Diese Fachspezifischen Bestimmungen treten am Tag nach der Veröffentlichung als Amtliche Bekanntmachung der Universität Hamburg in Kraft. Sie gelten erstmals für Studierende, die ihr Studium zum Wintersemester 2026/2027 aufnehmen.

Hamburg, den 11. Juni 2026
Universität Hamburg