

**Modulhandbuch für den  
Studiengang  
Bachelor of Science in Chemie**

Oktober 2024

## Inhaltsverzeichnis

Konzepte der Chemie .....	- 7 -
Chemie im Kontext .....	- 9 -
Physikalische Grundlagen der Chemie .....	- 10 -
Analytische Chemie I .....	- 12 -
Mathematik für Chemiker .....	- 14 -
Anwendung mathematischer Verfahren in der Chemie .....	- 15 -
Grundlagen der Physik .....	- 16 -
Anorganische Chemie I .....	- 17 -
Anorganisch-chemisches Grundpraktikum .....	- 19 -
Anorganische Chemie II .....	- 20 -
Organische Chemie I .....	- 22 -
Organische Chemie II .....	- 23 -
Organisch-chemisches Grundpraktikum .....	- 24 -
Physikalische Chemie I .....	- 25 -
Physikalisch Chemisches Grundpraktikum .....	- 26 -
Physikalische Chemie II .....	- 26 -
Theorie der chemischen Bindung .....	- 27 -
Methoden der Strukturaufklärung .....	- 29 -
Einführung in die Biochemie .....	- 30 -
Grundlagen der Technischen Chemie .....	- 31 -
Anorganische Chemie III .....	- 32 -
Organische Chemie III .....	- 34 -
Physikalische Chemie III .....	- 34 -
Analytische Chemie II .....	- 35 -
Biochemie I .....	- 36 -
Biophysikalische Chemie .....	- 38 -
Technische Chemie I .....	- 39 -
Theoretische Chemie I .....	- 40 -
Nachhaltige Chemie I .....	- 41 -
Nachhaltige Chemie II .....	- 42 -
Nachhaltige Chemie III .....	- 43 -
F-Synthesepraktikum in Anorganischer Chemie .....	- 44 -
F-Synthesepraktikum in Organischer Chemie .....	- 45 -
Physikalisch-Chemisches F-Praktikum .....	- 46 -
Analytisch-chemisches F-Praktikum .....	- 47 -
Biochemisches Praktikum .....	- 48 -
Technisch-chemisches Praktikum .....	- 50 -
Theoretisch-chemisches Praktikum .....	- 51 -
Zusätzliche Wahlpraktika .....	- 53 -
Forschendes Lernen .....	- 53 -
Teaching Assistant .....	- 53 -
Industriepraktikum .....	- 54 -
Bachelor-Arbeit .....	- 55 -

## Modulhandbuch für den Bachelor-Studiengang Chemie

### Studienverlaufsplan für den Bachelor-Studiengang Chemie (Mai 2024)

(1) Der folgende Studienverlaufsplan gilt in Verbindung mit der Prüfungsordnung für den Bachelor-Studiengang Chemie. Es wird empfohlen, die Lehrveranstaltungen in der angegebenen Reihenfolge zu besuchen. Für einzelne Praktika ist die erfolgreiche Teilnahme an vorhergehenden Lehrveranstaltungen entsprechend Abs. 2 erforderlich.

(2) Die Zulassung zu den nachstehend genannten Praktika ist abhängig von dem Vorliegen eines Leistungsnachweises für die im Ausbildungsgang vorhergehenden Lehrveranstaltungen (Vorleistungen) gemäß der nachstehenden Zusammenstellung.

Praktikum	Vorleistung(en)
Anorganisch-chemisches Grundpraktikum	1. Konzepte der Chemie 2. Fachübergreifendes Einführungspraktikum
Analytisch-chemisches Grundpraktikum	1. Analytische Chemie I 2. Fachübergreifendes Einführungspraktikum
Organisch-chemisches Grundpraktikum	1. Organische Chemie I oder Organische Chemie II
Physikalisch-chemisches Grundpraktikum	1. Mathematik für Chemiker oder Physikalische Grundlagen der Chemie
F-Praktikum für Synthesechemie	1. Anorganisch-chemisches Grundpraktikum 2. Organisch-chemisches Grundpraktikum
Physikalisch-chemisches F-Praktikum	1. Physikalische Chemie I oder Physikalische Chemie II 2. Physikalisch-chemisches Grundpraktikum
Analytisch-chemisches F-Praktikum	1. Analytische Chemie II oder Methoden der Strukturaufklärung oder Nachhaltige Chemie I 2. Analytisch-chemisches Grundpraktikum
Theoretisch-chemisches Praktikum	1. Theoretische Chemie I
Technisch-chemisches Praktikum	1. Grundlagen der Technischen Chemie oder Technische Chemie I
Biochemisches Praktikum	1. Einführung in die Biochemie oder Biochemie I

V = Vorlesung, Ü = Übungen, S = Seminar, Pr = Praktikum, CP = Kreditpunkte für den jeweiligen Leistungsnachweis

Sem.	Lehrveranstaltung	V	Ü/S	Pr	CP
1. (WS)	Chemie im Kontext	3	2	-	7
	Konzepte der Chemie	6	2	-	8
	Fachübergreifendes Einführungspraktikum	-	-	10	5
	Mathematik für Chemiker	3	1	-	5
	Physikalische Grundlagen der Chemie	3	2	-	5
<b>32 SWS</b>	<b>Summe: 1. Semester</b>	<b>15</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>30</b>
2. (SS)	Anorganische Chemie I	2	1	-	5

	Anorganisch-chemisches Grundpraktikum	-	-	8	5
	Analytische Chemie I	3	2	-	5
	Organische Chemie I	3	1	-	5
	Anwendung mathemat. Verfahren in der Chemie	2	1	-	5
	Grundlagen der Physik	2	1	-	5
	Praktikum Physik	-	-	4	2
<b>30 SWS</b>	<b>Summe: 2. Semester</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>32</b>
3. (WS)	Analytisch-chemisches Grundpraktikum	-	-	8	5
	Organische Chemie II	3	1	-	5
	Physikalische Chemie I	2	1	-	5
	Physikalisch-chemisches Grundpraktikum	-	1	7	5
	Theorie der chemischen Bindung	2	1	-	5
	Methoden der Strukturaufklärung	2	1	-	5
<b>29 SWS</b>	<b>Summe: 3. Semester</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>15</b>	<b>30</b>
4. (SS)	Anorganische Chemie II	2	1	-	5
	Grundlagen der Technischen Chemie	2	1	-	5
	Organisch-chemisches Grundpraktikum	-	1	13	8
	Physikalische Chemie II	2	1	-	5
	Einführung in die Biochemie	2	1	-	5
<b>26 SWS</b>	<b>Summe: 4. Semester</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>13</b>	<b>28</b>
5./6. (Sem.)	Wahlpflichtvorlesungen I-V*):				25
	<i>Analytische Chemie II</i>	2	1	-	5
	<i>Biochemie I</i>	2	1	-	5
	<i>Physikalische Chemie III</i>	2	1	-	5
	<i>Technische Chemie I</i>	2	1	-	5
	<i>Theoretische Chemie I</i>	2	1	-	5
	<i>Nachhaltige Chemie I</i>	2	-	4	5
	<i>Nachhaltige Chemie III</i>	2	1	-	5
	<i>Biophysikalische Chemie</i>	2	1	-	5
	<i>Anorganische Chemie III</i>	2	1	-	5
	<i>Organische Chemie III</i>	2	1	-	5
	<i>Nachhaltige Chemie II</i>	2	1	-	5
	Wahlpflichtpraktika I-V*):				25
	<b>Fachspezifische Wahlpflichtpraktika**</b>				
	<i>Analytisch-chemisches-F-Praktikum</i>	-	1	6	5
	<i>F-Synthesepraktikum in Anorg. Chemie</i>	-	-	8	5
	<i>F-Synthesepraktikum in Org. Chemie</i>	-	-	8	5
	<i>Physikalisch-chemisches F-Praktikum</i>	-	-	8	5
	<i>Technisch-chemisches Praktikum</i>	-	1	6	5
	<i>Theoretisch-chemisches Praktikum</i>	-	1	6	5
	<i>Biochemisches Praktikum</i>	-	1	6	5

<b>Zusätzliche Wahlpraktika</b>				
<i>Forschendes Lernen</i>	-	-	8	5
<i>Teaching Assistant</i>	-	1	6	5
<i>Industriepraktikum</i>	-	-	8	5
<b>Bachelor-Arbeit</b>	-	-	-	<b>10</b>
<b>Summe: 5/6. Semester</b>				<b>60</b>
<b>Summe: 1 – 6. Semester</b>				<b>180</b>

\*) Sowohl an Wahlpflichtvorlesungen als auch an Wahlpflichtpraktika sind jeweils mindestens vier aus den gelisteten Wahlmöglichkeiten des Lehrveranstaltungsangebots der Fakultät für Chemie und Biochemie zu absolvieren.

\*\*) Von den fachspezifischen Wahlpflichtpraktika sind mindestens drei der gelisteten Module zu wählen.

(3) Es besteht die Möglichkeit, eine Spezialisierung in Richtung Nachhaltige Chemie zu wählen, indem die Vorlesungen Nachhaltige Chemie I und Nachhaltige Chemie II, ggf. bereits im Basisstudium belegt werden. Da im Basisstudium nur maximal 120 CP anrechenbar sind, wird in diesem Fall eine Wahlmöglichkeit zwischen den Vorlesungen Einführung in die Biochemie und Grundlagen der Technischen Chemie eingeräumt und zudem wird eine Reduktion des geforderten Leistungsumfang entsprechend der reduzierten Gewichtung für die Grundpraktika angeboten: Grundpraktika Anorganische Chemie (-1 CP), Analytische Chemie (-1 CP), Physikalische Chemie (-1 CP) und Organische Chemie (-2 CP). Die Vorlesungen Nachhaltige Chemie I und Nachhaltige Chemie II stehen zudem auch im Wahlpflichtbereich des 5. Semesters zur Auswahl. Für die Spezialisierung in Richtung Nachhaltige Chemie ist im 5. und 6. Semester das Modul Nachhaltige Chemie III vorgesehen und die Bachelorarbeit.

(4) Für Teil 2 des Modulplans (5. bis 6. Semester) gelten die Regelungen zur Wahlfreiheit gemäß § 4 Abs. 2 der Prüfungsordnung. Fachfremde Module im Umfang von 10 CP können aus der vom Prüfungsausschuss genehmigten Liste gewählt werden, die über das Prüfungsamt einsehbar ist.

#### **Ersatzmodule 5. und 6. Semester**

Lehrveranstaltungen aus fachfremden Bereichen  
-siehe Liste

**bis 10 CP**

**gemäß Liste geeigneter fachfremder  
Lehrveranstaltungen (Präzedenz, s.  
Prüfungsamt)**

(5) Ist die Aufnahme eines weiterführenden Master-Studiengangs geplant, so sind für die Wahl der Module in Teil 2 des Modulplans die Zugangsvoraussetzungen zu diesem Masterstudiengang zu beachten (qualifizierter Bachelor).

**Beschreibung der Module:****Vorkurs zum Studium der Chemie**

<b>Vorkurs zum Studium der Chemie</b>					
Modul-Nr. 0	Credits 0 CP	Workload 40 h	Semester vor Sem 1	Turnus Zum WiSe	Dauer 1 Woche
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung b) Übung			<b>Kontaktzeit</b> a) 15 h b) 12 h	<b>Selbststudium</b> 13 h	<b>Gruppengröße</b> 180 - 200 Studierende
<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b>					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b>  Nach der erfolgreichen Teilnahme am Vorkurs kennen die Studierenden wesentliche Grundlagen zum Studium ‚Chemie‘, u.a. - die Einheiten des SI-Systems und die Einheiten der wichtigsten abgeleiteten Größen und sind in der Lage diese in einfachen Anwendungen zu verwenden Grundlegende Konzepte der Materie auf der Nanoskala und deren Spektroskopie können die Studierenden - einfache Berechnungen zum Potenzieren und Logarithmieren auszuführen. - den Kurvenverlauf einfacher Funktionen skizzieren und die Ableitungen dieser Funktionen berechnen. - Grundlagen zum atomaren Aufbau auf Kristallen anwenden. - gut vorbereitet und motiviert in das Studium starten.					
<b>Inhalt</b> Computergestützte Berechnung von Potenzen und Logarithmen; Kurvenverlauf und Ableitung einfacher Funktionen; Einheiten im SI-System und abgeleitete Größen: Dichte, Kräfte, Druck, Arbeit und Energie; elektrische Größen Stromstärke, Spannung und Widerstand; elektrisches Feld; Zustandsgleichung für Gase; Aufbau der Atome; Überlegungen zur Spektroskopie an Atomen und Molekülen; Einblick in den Nanokosmos					
<b>Lehrformen</b> Seminaristischer Unterricht, Gruppenarbeiten					
<b>Prüfungsformen</b> keine					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> es werden keine Kreditpunkte vergeben					
<b>Verwendung des Moduls (in anderen Studiengängen)</b> Studiengang BSc Chemie , Studiengang BSc Biochemie, Studiengang 2-Fächer BSc Chemie					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b>					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> A. Birkner					
<b>Sonstige Informationen</b>					

## Konzepte der Chemie

Konzepte der Chemie					
<i>Modul-Nr. 1</i>	<i>Credits</i> 13 CP	<i>Workload</i> 390 h	<b>Semester</b> 1. Sem.	<b>Turnus</b> nur WS	<i>Dauer</i> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Konzepte der Chemie (V) b) Übung zur Vorlesung (Ü) c) Fachübergreifendes Einführungspraktikum (P)			<b>Kontaktzeit</b> a) 6 SWS b) 2 SWS c) 6 SWS	<b>Selbststudium</b> a) 90 h b) 30 h c) 60 h	<b>Gruppengröße</b> Sämtliche im Fachsemester eingeschriebene Studierende, ca. 150 Studierende
<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b> Keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> <u>Zielsetzung:</u> Gegenstand des Moduls ist die Vermittlung grundlegende Kenntnisse: I) den allgemeinen Konzepten der Chemie und des chemischen Rechnens II) der Chemie ausgewählter Hauptgruppenelemente III) Struktur und Reaktivität organischer Moleküle erlangen IV) der Arbeitsweise in chemischen Laboratorien und der Durchführung einfacher Versuche V) Grundlagen wissenschaftlicher Datenverarbeitung (Pythonprogrammierung; Daten- und Kontrollstrukturen) <u>Kompetenzen:</u> Nach Ende dieses Moduls können die Studierenden: I) praktische chemische Arbeiten selbständig durchführen und protokollieren II) die erlernten Techniken anwenden, um unbekannte Feststoffe mittels Nachweisreaktionen zu identifizieren III) Erstellen und Anwenden einfacher Python Skripte zur Datenanalyse und Visualisierung.					
<b>Inhalt</b> <u>Vorlesung und Übung (a) und b))</u> <b>Teil: Konzepte der Allgemeinen Chemie</b> <b>Chemisches Rechnen:</b> Stöchiometrisches Rechnen, Konzentrationen, pH-Wert, Mischungen; <b>Chemische Statik:</b> Stoffe, Verbindungen, Elemente, Stöchiometrielehre, Aufbau der Atome, Aufbau und Trends des Periodensystems der Elemente; <b>Chemische Bindung:</b> Moleküle und Orbitale, Valenzbindungstheorie, Molekülorbitaltheorie, Ionenkristalle und Kugelpackungen, metallische Bindung, Wechselwirkungen; <b>Gestalt der Materie:</b> Strukturen von Molekülverbindungen, VSEPR-Modell, Punktgruppensymmetrie; <b>Chemische Energetik:</b> Grundlagen der Enthalpie, Enthalpie, Satz von Hess, Born-Haber Kreisprozess; <b>Chemische Kinetik:</b> Geschwindigkeit chemischer Reaktionen, Geschwindigkeitsgesetze, Aktivierungsenergie, Katalyse; <b>Chemisches Gleichgewicht:</b> Gleichgewichtsreaktionen, Löslichkeitsgleichgewichte, Massewirkungsgesetz, Gleichgewichtskonstante; <b>Redoxreaktionen:</b> Oxidationszahlen, Aufstellen und Ausgleichen von Redoxreaktionen, Redoxpotentiale, Redoxgleichgewichte, Batterien; <b>Säuren und Basen:</b> Säure/Base Theorien, starke, schwache Säuren; <b>Teil: Konzepte der Hauptgruppenchemie</b> <b>Elemente der 2. Und 3. Periode:</b> Vorkommen, Struktur und Darstellung <b>Chemie der Hauptgruppenelemente:</b> Element-Wasserstoffverbindungen von elektronenarm bis elektronenreich, Element-Halogen, Element-Sauerstoffverbindungen					

**Teil: Konzepte der Organischen Chemie**

**Chemie des Kohlenstoffs:** Was ist organische Chemie?

**Nomenklatur organischer Moleküle:** Substanzklasse der Alkane, Übersicht über funktionelle Gruppen (insbesondere Alkene/Alkine, Alkohole, Amine, Ether, Carbonsäurederivate),

**Struktur organischer Moleküle:** verschiedene Projektionen, Stereochemie, (Konformation, Konstitution, Konfiguration);

**Konzepte zur Reaktivität:** Partialladungen, elektronenziehende und -schiebende Gruppen, Nukleophil/Elektrophil am Beispiel von Reaktionen an der Carbonylgruppe

Praktikum c)

**Tätigkeiten im Labor:** Umgang mit Waage, Zentrifuge, Glasgeräten, Saugfalschen, Vakuumpumpen, Trockenschränken, Gasbrennern und Rührplatten, pH-Wert Bestimmung;

**Sauberes Arbeiten:** Stammlösungen herstellen, Verdünnungsreihen erstellen, Umgang mit geeichten Geräten, Titration;

**Trennungungsverfahren:** Flüssig/Flüssig und Flüssig-Fest Trennungen, Dekantieren, Filtrieren, Zentrifugieren, Ausschütteln, Abnutschen;

**Umgang mit Gefahrstoffen:** Handhabung, Entsorgung, Schutzausrüstung

**Nachweisreaktionen:** Vorproben, Trennungsgang der Anionen/Kationen

**Reaktionsführung:** Vorbereitung, Durchführung und Aufarbeiten einfacher chemischer Reaktionen, Umkristallisieren

**Python Programmierung:** Arbeiten mit Jupyter-Notebooks, Erstellung von Skripten zur Datenanalyse und Visualisierung.

**Lehrformen**

- a) Experimentalvorlesung, inverted class room, Lehrvideos (Selbststudium),
- b) Präsenzübungen, Selbstrechenübung
- c) Praktikum, Seminar

Sprache: Deutsch

**Prüfungsformen**

- a) und b) Klausur 240 min am Semesterende, es wird angeboten die Klausur in zwei Teilen zu je 120 min (je 50% Wertung) während des Semesters zu schreiben.
- c) Teilnahme an Sicherheitsveranstaltungen, erfolgreiche Durchführung der Praktikumsversuche, Bestehen der Antestate und Abgabe der Protokolle zu den Versuchsdurchführungen. Einreichung von lauffähigen Python-Skripten.

**Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten**

Bestehen der Klausur, Erfolgreiche Teilnahme am Praktikum

**Verwendung des Moduls** (in anderen Studiengängen)

Chemie, Biochemie, 2-Fach Bachelorstudiengänge mit Chemie als einem Fach, Teile des Moduls (z.B. der V und Ü) können in anderen Studiengängen als Grundlagen im Nebenfach Chemie angeboten werden.

**Stellenwert der Note für die Endnote**

nach CP gewichtet

**Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende**

Prof. Dr. Lars Borchardt, Prof. Dr. Rochus Schmid, Prof. Dr. Christian Merten, Prof. Dr. Christof Hättig, Dr. Sven Grätz und alle Dozentinnen und Dozenten der Anorganischen Chemie

**Sonstige Informationen**



## Chemie im Kontext

Chemie im Kontext					
<i>Modul-Nr. 2</i>	<i>Credits</i> 7 CP	<i>Workload</i> 210 h	<b>Semester</b> 1. Sem.	<b>Turnus</b> nur WS	<i>Dauer</i> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> d) Vorlesung Chemie im Kontext e) Übung zur Vorlesung Chemie im Kontext			<b>Kontaktzeit</b> d) 3 SWS e) 2 SWS	<b>Selbststudium</b> d) 100 h e) 35 h	<b>Gruppengröße</b> Sämtliche im Fachsemester eingeschriebene Studierende, ca. 150 Studierende
<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b> Keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> <u>Zielsetzung:</u> Gegenstand der Vorlesung ist die Vermittlung: I) der Grundlagen der Wissenschaftstheorie II) der Grundlagen der nachhaltigen Chemie und der Rahmenbedingungen der grünen Chemie III) von toxikologischen Grundlagen, eine Einführung in das Gefahrstoffrecht und basierend auf der Empfehlung der Studienkommission der GDCh von 2015. Ein weiterer Fokus liegt hierbei auf die jüngsten Änderungen im Chemikalienrecht wie REACh, der Chemikalienverbotsverordnung und der Gefahrstoffverordnung. IV) eine Diskussion über ethische Fragen in der Chemie. <u>Kompetenzen:</u> Nach Ende dieses Moduls soll der/die Student/Studentin: I) sich innerhalb eines wissenschaftlichen Diskurses sicher bewegen und argumentieren können und Fallstricke erkennen und vermeiden II) die Grundlagen und Notwendigkeit der Nachhaltigkeit kennen III) die Prüfung zur eingeschränkten Sachkunde für das Inverkehrbringen von gefährlichen Stoffen und Zubereitungen gemäß § 5 der Chemikalien-Verbotsverordnung ablegen. Das theoretische Verständnis wird vertieft durch praktische Fallbeispiele					
<b>Inhalt</b> <b>Wissenschaftstheorie:</b> Selbstverständnis des Wissenschaftlers, Argumentation, Hypothesen, Scheinargumente, Pseudowissenschaft, Empirismus, Experimente <b>Chemie und Nachhaltigkeit:</b> Planetare Grenzen, „Green Metrics“, UN-Sustainability Goals, grüne Chemie <b>Grundlagen Toxikologie:</b> Wirkungen auf die Umwelt <b>Grundkenntnisse der Gefahrstoffkunde:</b> Physikalische und chemische Eigenschaften, Einstufungen von Gefahrstoffen nach GHS und CLP Grenzwerte, Genese, Anwendbarkeit, Sinnhaftigkeit <b>Rechtsordnung, Chemikaliengesetz:</b> Grundzüge, Aufbau des Gesetzes <b>Gefahrstoffverordnung:</b> Grundzüge, Aufbau der Verordnung, Begriffe, Gefährlichkeitsmerkmale <b>Chemikalien-Verbotsverordnung:</b> Verbote, Erlaubnis- und Anzeigepflichten, Sachkunde REACh, die europäische Chemikalienverordnung Grundkenntnisse sonstiger verwandter Rechtsnormen Verwaltungs-, Straf- und Ordnungswidrigkeitenrecht gemäß ChemVV, GefahrStoffV <b>Informationen zur Gefahrenabwehr:</b> Sicherheitskonzepte <b>Ethische Fragen in der Chemie:</b> Innovation vs. Gefahr, Fälschungen, Nachhaltigkeit  <b>Als Vorbereitung für die Prüfung der eingeschränkten Sachkunde nach § 11</b> <b>Chemikalienverbotsverordnung:</b> Prüfungsinhalte von Anhang I und II der Bekanntmachung, Hinweise und Empfehlungen zum Sachkundenachweis gemäß § 11 der Chemikalien-Verbotsverordnung vom 17. Mai 2018					

### Anhang I: Grundlagen

1. Grundlagen des europäischen und deutschen Chemikalienrechts (REACH-Verordnung (EG) Nr. 1907/2006, CLP-Verordnung (EG) Nr. 1272/2008, Biozidprodukte-Verordnung (EU) Nr. 528/2012, ChemG)
2. Chemikalien-Verbotsverordnung
3. Gefahrstoffverordnung
4. Grundkenntnisse sonstiger verwandter Rechtsnormen auf nationaler und EU-Ebene
5. Grundbegriffe der Gefahrstoffkunde und mit der Verwendung verbundene Gefahren
6. Informationen zur Gefahrenabwehr und Erste Hilfe
7. Straf- und Ordnungswidrigkeitenrecht

### Anhang II: Abgabe und Bereitstellung von Stoffen und Gemischen nach Anlage 2 der ChemVerbotsV.

die nicht Biozidprodukte bzw. Pflanzenschutzmittel sind

1. Physikalische und chemische Eigenschaften
2. Grundkenntnisse der Toxikologie
3. Wirkungen gefährlicher Stoffe auf die Umwelt
4. Spezielle Eigenschaften wichtiger Stoffgruppen
5. Möglichkeiten der Gefahrenabwehr
6. Kenntnisse der REACH-Verordnung (EG) Nr. 1907/2006
7. Kenntnisse zur CLP-Verordnung (EG) Nr. 1272/2008
8. Kenntnisse der TRGS

### **Lehrformen**

d) Vorlesung, eLearning b) Präsenzübungen; Sprache: Deutsch

### **Prüfungsformen**

Klausur

### **Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten**

Bestehen der Klausur

### **Verwendung des Moduls** (in anderen Studiengängen)

Biochemie, 2-Fach Bachelorstudiengänge mit Chemie als einem Fach

### **Stellenwert der Note für die Endnote**

nach CP gewichtet

### **Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende**

Prof. Dr. Lars Borchardt, Dr. Klaus Merz

### **Sonstige Informationen**

## **Physikalische Grundlagen der Chemie**

<b>Physikalische Grundlagen der Chemie</b>					
<i>Modul-Nr. 3</i>	<i>Credits</i>	<i>Workload</i>	<b>Semester</b>	<b>Turnus</b>	<i>Dauer</i>
	5 CP	150 h	1. Semester	WS	1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Gruppengröße</b>
a) Physikalische Grundlagen der Chemie			5 SWS, 75 h	75 h	200 Studierende Übungsgruppen: 30

<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b>
keine
<b>Lernziele</b>
<p>Absolventen dieses Moduls erwerben ein grundlegendes Verständnis physikalischer und physikalisch-chemischer Konzepte und ihre Anwendungen in der nachhaltigen Chemie.</p> <p>Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, grundlegende Fragestellungen und Konzepte der Physik und physikalischen Chemie zu verstehen und einfache fachspezifische Lösungsmöglichkeiten zu erarbeiten.</p>
<b>Inhalt</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Grundbegriffe: Wissenschaftliches Arbeiten, SI-Einheiten, Naturkonstanten, Einfache Eigenschaften physikalischer Körper</li> <li>2. Modellhafte Beschreibungen: Vorteile und Grenzen</li> <li>3. Physikalische Grundlagen: Kräfte, Bewegungsgleichungen, Impuls, Drehimpuls, Arbeit, Leistung, Energie, Potentiale, Schwingungen und Wellen, Interferenz</li> <li>4. Bausteine der Materie und ihre Beobachtung: Welle-Teilchen-Dualismus, H-Atom, Mehrelektronensysteme, Moleküle, Quantisierte Energiezustände</li> <li>5. Systeme mit vielen Teilchen: Energieverteilung, mittlere Energie, Temperatur, ideales Gasgesetz</li> <li>6. Thermodynamik: thermodynamische Systeme, innere Energie, Energieerhaltung, Hauptsätze der Thermodynamik.</li> <li>7. Einfache Anwendungen der Thermodynamik: Volumenarbeit, Wärmepumpe</li> <li>8. Molekulare Wechselwirkungen und Umwandlungsprozesse: van-der-Waals-Gleichung, Phasengrenzlinien, chemische Reaktionen</li> <li>9. Thermodynamische Kenngrößen: Enthalpie und Entropie, freie Gibbs-Energie, chemisches Potential</li> <li>10. Gleichgewichtsprozesse: Phasengrenzlinien, Reaktionsgleichgewichte, Gleichgewichtskonstante</li> </ol>
<b>Lehrformen</b>
Vorlesung (3 SWS, 45 h), Übung (2 SWS, 30 h).
<b>Prüfungsformen</b>
Klausur
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b>
Bestehen der Klausur
<b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen)
B.Sc. Chemie, B.Sc. Biochemie, 2-Fach BA
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b>
Nach CP gewichtet
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b>
Dozenten der physikalischen Chemie
<b>Sonstige Informationen</b>

## Analytische Chemie I

<b>Analytische Chemie I</b>					
<i>Modul-Nr. 4</i>	<i>Credits</i> 5 CP	<i>Workload</i> 150 h	<b>Semester</b> 2. Sem.	<b>Turnus</b> SoSe	<i>Dauer</i> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung Analytische Chemie I b) Übungen zur Vorlesung Analytische Chemie I			<b>Kontaktzeit</b> a) 3 SWS / 42 h b) 2 SWS / 28 h	<b>Selbststudium</b> 80 h	<b>Gruppengröße</b> 150 Studierende
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> <i>Keine</i>					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> <u>Zielsetzung:</u> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls besitzen Studierende ein grundlegendes Verständnis über die Grundkonzepte von chemischen Analysen von Reinstoffen und Stoffgemischen. Die Studierenden erwerben Grundkenntnisse über Trennverfahren, nasschemische Analytik und ausgewählte spektroskopische, chromatographische und elektrochemische Methoden der Instrumentellen Analytik. <u>Kompetenzen:</u> Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, die erlernten Methoden auf umweltanalytische Fragestellungen anzuwenden. Sie beherrschen die Berechnung von Analyseergebnissen aus den experimentellen Messwerten und sind befähigt, die erhaltenen Messergebnisse kritisch zu beurteilen und mögliche Fehlerquellen zu erkennen.					
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Grundlegende Konzepte der Analytischen Chemie von Probennahme bis zur Auswertung und Beurteilung,</li> <li>– Auswahl, Anwendung und Auswertung grundlegender Trennverfahren und nasschemischer Analysemethoden</li> <li>– Instrumentelle Methoden, inkl. Messprinzip, Messaufbau, Dateninterpretation, Evaluation der Eignung der der Methoden für unterschiedliche Probenarten /Fragestellungen inkl. Berücksichtigung der Ressourcenoptimierung:               <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Elektroanalytik und Elektrolyse</li> <li>b) Photometrie</li> <li>c) Elementaranalytik</li> </ul> </li> </ul>					
<b>Lehrformen</b> <i>a) Vorlesung, e-learning Module im Moodle; b) Übung</i>					
<b>Prüfungsformen</b> <i>schriftliche Modulabschlussprüfung von 120 min</i>					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> <i>Bestehen der Klausur</i>					
<b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen) <i>BSc. Chemie; BSc. Biochemie;</i>					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> <i>nach CP gewichtet</i>					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> <i>A. Rosenhahn, S. Seisel, K. Tschulik</i>					
<b>Sonstige Informationen</b>					

## Analytisch-chemisches Grundpraktikum

Analytisch-chemisches Grundpraktikum					
Modul-Nr. 5	Credits 5 CP	Workload 150 h	Semester 3. Sem.	Turnus WiSe	Dauer 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> Analytisch-chemisches Grundpraktikum			<b>Kontaktzeit</b> 8 SWS / 112 h	<b>Selbststudium</b> 38 h	<b>Gruppengröße</b> 50 Studierende
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> <i>Leistungsnachweis Analytische Chemie I und Teilnahmenachweis Fachübergreifendes Einführungspraktikum</i>					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> <u>Zielsetzung:</u> Erwerb breit angelegter Praxiskenntnisse der klassischen Verfahren der quantitativen und grundlegender Verfahren der instrumentellen Analyse; Einüben der spezifischen Arbeitstechniken der analytischen Chemie: Gerätekunde, Gerätebedienung und akribische Arbeitstechnik wie analytisches Wiegen, Filtrieren, Verdünnen, Reinigen, etc.; Erlernen des primären Protokollierens der experimentellen Ergebnisse in einem Laborjournal; Selbständige Auswertung der Versuchsergebnisse auch mit unterstützenden Rechnerprogrammen. Erlernen des Erstellens von kompletten Versuchsprotokollen mit Einleitung, Aufgabenstellung, theoretischen Grundlagen (Vorlesungsbezug) einschließlich der sicherheitstechnischen Aspekte, experimentellen Ergebnissen, Auswertung mit Diskussion und Fehlerbetrachtung.  <u>Kompetenzen:</u> Die Studierenden erwerben umfangreiche praktische Kenntnisse zur chemischen Analytik. Darüber hinaus erwerben sie Erfahrungen in der Bewertung und Anwendbarkeit von verschiedenen chemischen Analysemethoden. Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls können die Studierenden erhaltene Analysenergebnisse dokumentieren und deren Qualität einschätzen.					
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– Sicherheitsunterweisung: Vermittlung praktischer Kenntnisse zur Arbeitssicherheit speziell in einem analytisch-chemischen Labor</li><li>– Gravimetrie.</li><li>– Volumetrische Bestimmungsmethoden (Titrationsmethoden)</li><li>– Instrumentelle Bestimmungsmethoden einschließlich verschiedener Kalibrationsverfahren (Photometrie, Elektrochemische Analysen)</li><li>– Projektarbeit zu komplexeren analytischen Fragestellungen</li><li>– Beurteilung, Validierung und Dokumentation der erzielten Analysenergebnisse</li></ul>					
<b>Lehrformen</b> <i>Praktikum</i>					
<b>Prüfungsformen</b> <i>Sicherheits- und Eingangskolloquien vor den Versuchen, Überprüfung der Ergebnisse der Analysen sowie Versuchsprotokolle.</i>					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> <i>Erfolgreiche Durchführung und Dokumentierung der Analysen, Anfertigung von schriftlichen Analysenprotokollen und die Durchführung einer Projektarbeit.</i>					
<b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen)					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b>					

nach CP gewichtet
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> A. Rosenhahn, W. Schuhmann, S. Seisel, K. Tschulik
<b>Sonstige Informationen</b>

## Mathematik für Chemiker

<b>Mathematik für Chemiker</b>					
Modul-Nr. 6	Credits 5 CP	Workload 180 h	Semester 1. Sem.	Turnus WS	Dauer 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung Mathematik für Chemiker b) Übung Mathematik für Chemiker			<b>Kontaktzeit</b> a) 3 SWS/ 45h b) 2 SWS/ 30h	<b>Selbststudium</b> 105 h	<b>Gruppengröße</b> a) ca. 200 Stud. b) je 25 Stud.
<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b>					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen Studierende für den Studiengang Chemie bzw. Biochemie grundlegende anwendungsrelevante Konzepte und Methoden der Mathematik, insb. der Analysis und Statistik.</li> <li>• beherrschen Studierende relevante Rechentechniken sowie eine logische und strukturierte Herangehensweise an komplexe Problemstellungen.</li> <li>• können Studierende Anwendungen der Mathematik in der Chemie bzw. Biochemie nachzuvollziehen und auf ähnliche Anwendungskontexte übertragen.</li> <li>• können Studierende mit grundlegenden anwendungsrelevanten mathematischen Konzepten sowie mathematischen Modellvorstellungen für das naturwissenschaftliche Arbeiten umgehen.</li> <li>• können Studierende logisch und mit einem angemessenen Maß an Abstraktion eigenständig aber auch in Teams mathematisch präzise an Problemlösungen arbeiten.</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Grundlagen zur Mengenlehre, Zahlensystemen (inkl. komplexer Zahlen) sowie Abbildungen</li> <li>2. Spezielle Funktionen (trigonometrische Funktionen, Exponentialfunktion, Logarithmus)</li> <li>3. Folgen und Reihen (inkl. Potenzreihen) und Konvergenzuntersuchungen</li> <li>4. Stetigkeit von Funktionen sowie Grenzwertuntersuchungen</li> <li>5. Differentialrechnung (Ableitungen, totales Differential, Taylorreihen)</li> <li>6. Integralrechnung (Integrationsregeln, bestimmte und uneigentliche Integrale, Fourierreihen)</li> <li>7. Gewöhnliche Differentialgleichungen (nur der homogene lineare Fall in beliebiger Ordnung)</li> <li>8. Grundlagen der deskriptiven Statistik (Lage- und Streumaße, Korrelation)</li> <li>9. Grundlegende Begriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung</li> <li>10. Diskrete und kontinuierliche Verteilungen</li> <li>11. Symmetrische Konfidenzintervalle und Regressionsrechnung</li> <li>12. Das Gauß'sche Fehlerfortpflanzungsgesetz und Zentraler Grenzwertsatz</li> <li>13. Einblick in das Testen von Hypothesen</li> </ol>					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, seminaristischer Unterricht, Gruppenarbeiten,					
<b>Prüfungsformen</b>					

Klausur; Es ist der Erwerb von Bonuspunkten in drei vorlesungsbegleitenden Miniklausuren möglich.
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestandene Modulklausur
<b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen) Studiengang BSc Chemie , Studiengang BSc Biochemie
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Nach CP gewichtet
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> E. Glasmachers
<b>Sonstige Informationen</b> Die Veranstaltung wird von einem Moodle-Kurs mit Material zur Vorlesung und den Übungen begleitet

## Anwendung mathematischer Verfahren in der Chemie

Anwendung Mathematischer Verfahren in der Chemie					
<i>Modul-Nr./-Kürzel</i>	<i>Credits</i> 5 CP	<i>Workload</i> 150 h	<b>Semester</b> 2. Sem.	<b>Turnus</b> Nur SS	<i>Dauer</i> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung b) Übung			<b>Kontaktzeit</b> a) 2 SWS / 28 h b) 1 SWS / 14 h	<b>Selbststudium</b> 105 h	<b>Gruppengröße</b> Ca.100 Studierende
<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b>					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> <u>Zielsetzung:</u> Die Teilnehmenden sollen in die Lage versetzt werden, mathematische Methoden aus den Bereichen Algebra sowie Operator- und Variationsrechnung zur Beantwortung von theoretisch-chemischen und physikalisch-chemischen Fragestellungen anzuwenden. <u>Kompetenzen:</u> In dieser Vorlesung vertiefen die Teilnehmenden die in der Erstsemestervorlesung erarbeiteten mathematischen Methoden der Chemie und erweitern diese im Hinblick auf die Vorlesungen mit physikalisch-chemischen und theoretisch-chemischen Inhalten in den folgenden Semestern. Durch konkrete Anwendungsbeispiele wird ein Praxisbezug hergestellt, und die Einsatzmöglichkeiten von Computern zur energieeffizienten und ressourcenschonenden Lösung typischer Aufgabenstellungen werden erläutert und durch geeignete Experimente ergänzt.					
<b>Inhalt</b> 1. Anwendungen der Vektor- und Matrixrechnung: Vektorraum, Skalarprodukt und Norm, lineare (Un)Abhängigkeit, Basisvektoren, Matrizen als Abbildungen von Vektoren, Rechenregeln der Matrixrechnung (Hintereinanderausführung/Verkettung, Inverses, Transponierung), spezielle Matrizen (z.B. unitär, selbstadjungiert) und Determinanten zur Beschreibung von z.B. optischen Strahlengängen, Molekülstrukturen, Phasenraumtrajektorien. Einsatz von modernen Rechenmethoden in der Chemie (z.B. Rechnen mit sehr großen Matrizen) 2. Anwendungen des Rechnens mit Funktionen: Abbildungen von Funktionen (z.B. zur Beschreibung von Symmetrioperationen) und deren Rechenregeln (Hintereinanderausführung, Inverses, Kommutatoren z.B. Heisenbergsche Vertauschungsrelation), Funktionenräume, Vollständigkeitsrelation, Hilberträume, Darstellung von Funktionen und funktionswertigen Abbildungen mit Hilfe einer Basis, Entwicklung mit Gaußfunktionen oder ebenen Wellen als Basis in der Quantenchemie. Fourierentwicklung und -analyse (z.B. in der Molekülspektroskopie). Darstellungstheorie für Punktgruppen. Erste Demonstrationen von Einsatzmöglichkeiten der Computerchemie 3. Systeme von linearen (Differential-)Gleichungen: homogene und inhomogene lineare Gleichungssysteme, Matrixform, Lösbarkeit und Lösungsverfahren, Systeme von homogenen Differentialgleichungen und Anwendungen in der Physikalischen Chemie und der Theoretischen Chemie,					

z. B. in der Kinetik (Reaktionen erster Ordnung, Michaelis-Menten Kinetik) und der Beschreibung von Molekülschwingungen (Infrarotspektroskopie) 4. Grundbegriffe der Variationsrechnung: Bestimmung und Charakterisierung von Extremstellen, Funktionen mehrerer Variablen, Gradienten, Hesse-Matrix, Optimierungen mit Randbedingungen (Methode der Lagrange-Multiplikatoren, z.B. in der Molekulardynamik), Zusammenhang mit Fehlerrechnung und Anpassen („Fitten“) von Funktionen. 5. Matrix- und Operator-Eigenwertprobleme: Berechnung von Eigenwerten und Eigenvektoren von Matrizen, Anwendungen von Matrixeigenwertproblemen in der Molekülorbital-Theorie (z.B. Hückel-Modell) und zur Berechnung von Molekülschwingungen (z.B. Normalmodenanalyse in der IR-Spektroskopie), Operator-Eigenwertproblem am Beispiel einfacher quantenmechanischer Modellprobleme (z.B. Teilchen im Kasten, harmonischer Oszillator)
<b>Lehrformen</b> a) Vorlesung (2 SWS) b) Übungen (1 SWS)
<b>Prüfungsformen</b> Klausur
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestandene Modulklausur
<b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen) Modul kann CP-relevant in den Studiengang B.Sc. Biochemie integriert werden
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Nach CP gewichtet
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> L. Schäfer, C. Hättig
<b>Sonstige Informationen</b>

## Grundlagen der Physik

Grundlagen der Physik					
Modul-Nr. 7	Credits 6 CP	Workload 160 h	Semester 2. Sem.	Turnus SoS	Dauer 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung Physik II b) Übung Physik II			<b>Kontaktzeit</b> a) 4 SWS/ 56 h b) 1 SWS/ 14 h	<b>Selbststudium</b> 90 h	<b>Gruppengröße</b> ca. 200 Stud.
<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b> Vorkenntnisse Mathematik aus der Oberstufe und mathematische Vorkurse, Vorlesung Physik I					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>kennen Studierende die Grundprinzipien der klassischen Physik durch Vortrag und durch Vorführung von Experimenten und kurze Einführung in die Quantenphysik.</li> <li>verstehen Studierende grundlegende physikalische Fragestellungen.</li> <li>können Studierende einfache fachspezifische Lösungsmöglichkeiten erarbeiten.</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> <b>Elektrizitätslehre:</b> Elektrische Ladung, Elektrische Feldlinien, elektrisches Feld, Spannung, Kapazität eines Kondensators, elektrischer Strom, Stromstärke und Wirkungen, der elektrische Widerstand, Ohmsches Gesetz, Stromkreise, Kirchhoffsche Gesetze, Arbeit und Leistung des elektrischen Stroms, Messungen von I, U, R, <b>Magnetisches Feld und Induktion:</b> Die magnetische Kraft, magnetisches Feld, Kräfte im Magnetfeld, Magnetische Induktion, Energiegehalt des magnetischen und elektrischen Feldes, Materie im elektrischen					



und magnetischen Feld, die Maxwellschen Gleichungen, Zeitabhängige Ströme und Spannungen, der Wechselstromgenerator, Wechselstromwiderstände, der Transformator, <b>Ein- und Ausschaltvorgänge:</b> Schwingkreis, <b>Mechanismen der elektrischen Leitung:</b> elektrische Leitungen in Flüssigkeiten, elektrische Leitung in Metallen, elektrische Leitung in Halbleitern, Leitende Kunststoffe, Elektrizitätsleitung im Vakuum, <b>Elektromagnetische Wellen:</b> Analogiebetrachtung von mechanischen und elektromagnetischen Wellenerscheinungen, Elektromagnetische Wellen, <b>Optik:</b> Natur des sichtbaren Lichtes, <b>Stahlenoptik (Geometrische Optik):</b> Strahlen und Wellenfronten, Reflexion von ebenen Wellen, Brechung von ebenen Wellen, Optische Abbildungen, <b>Wellenoptik:</b> Interferenz, Kohärenzbedingung, Interferenz nach Reflexion und Brechung, Interferenz nach Beugung, Polarisation von Lichtwellen, der Laser, <b>Quantenphysik:</b> Eindimensionale Schrödingergleichung, Pauliprinzip
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, seminaristischer Unterricht
<b>Prüfungsformen</b> Klausur
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestandene Modulklausur
<b>Verwendung des Moduls (in anderen Studiengängen)</b> Studiengang BSc Chemie , Studiengang BSc Biochemie
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Nach CP gewichtet
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> F.H. Heinsius
<b>Sonstige Informationen</b>

## Anorganische Chemie I

<b>Anorganische Chemie I</b>					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b> 11 CP	<b>Workload</b> 330 h	<b>Semester</b> 2. Sem.	<b>Turnus</b> nur SoSe	<b>Dauer</b> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Anorganische Chemie I b) Anorganisch-chemisches Grundpraktikum			<b>Kontaktzeit</b> a) 45 h b) 80 h	<b>Selbststudium</b> a) 75 h b) 130 h	<b>Gruppengröße</b> Sämtliche im Fachsemester eingeschriebene Studierende, ca. 120

**Teilnahmevoraussetzungen**

- a) Keine
- b) Klausur zur Vorlesung Allgemeine Chemie und Einführungspraktikum Allgemeine Chemie

**Lernziele (learning outcomes)**

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls

- a) besitzen die Studierenden grundlegende Kenntnisse in folgenden Gebieten: -

- Koordinations-/Komplexchemie
- Stoffchemie der Metalle

Sie können:

- Bindungszustände beschreiben und
- die Reaktivität und Eigenschaften von Übergangsmetall-Komplexen aufgrund derer elektronischen Zustände vorhersagen

- b) können die Studierenden

- praktische chemische Arbeiten im Bereich der Anorganischen Synthesechemie selbständig durchführen und die hergestellten Präparate mittels klassischer und moderner Analysemethoden untersuchen
- die erlernten Kenntnisse der apparativen und handwerklichen Grundlagen mit dem vertieften theoretischen Wissen zu verbinden und auf neue anorganische Synthesen anwenden
- konkrete Kenntnisse über den Umgang mit Gefahrstoffen anwenden

**Inhalt**

- a) Koordinationschemie, Metalle

- Historischer Hintergrund
- Aufbau einer Komplexverbindung
- Metall- und Ligandenklassifizierung
- Ligandenfeld-/Kristallfeld-/Molekülorbitaltheorie
- Symmetrie
- Reaktionen von Komplexverbindungen, Eigenschaften von häufig verwendeten Liganden
- Definition, Eigenschaften von Metallen (chemisch, physikalisch, mechanisch, strukturell)

- b) Anorganisch Chemisches Grundpraktikum

- Chemie der Haupt- und Nebengruppenelemente
- komplexe Salze im wässrigem Medium
- Synthesen in nichtwässrigen Lösungsmitteln
- Grundlagen der Festkörperchemie von kristallinen Verbindungen und intermetallischen Phasen
- Nebengruppenelemente in verschiedenen Oxidationsstufen
- Analytische und spektroskopische Methoden zur Substanzcharakterisierung: Refraktometrie, Polarometrie, IR-/Ramanspektroskopie, Lumineszenzspektroskopie, Röntgenpulverdiffraktometrie

<b>Lehrformen</b>
a) Vorlesung mit Übungen und begleitendem e-learning Modul b) Praktikum mit begleitenden Seminaren und begleitendem e-learning
<b>Prüfungsformen</b>
a) Klausur (120min.) am Semesterende b) Online Antestate und mündliche Antestate vor der praktischen Durchführung der Synthesen, Protokolle nach Fertigstellung der 6 Pflichtpräparate sowie einer Auswahl aus mindestens 5 Wahlpräparaten
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b>
a) Bestehen der Modulklausur b) Bestehen der Antestate vor der präparativen Arbeit (Fragen zur Theorie, Stöchiometrie, Laborsicherheit), erfolgreiche Synthese der zum Bestehen notwendigen Präparate innerhalb der limitierten Praktikumszeit, Vorlage eines testierten Protokolles für jedes Präparat
<b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen)
Bachelor-Studiengänge der Chemie und Biochemie; Optionalbereich.
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b>
Nach CP gewichtet
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b>
Prof. Metzler-Nolte, Dr. Bert Mallick
<b>Sonstige Informationen</b>

### Anorganisch-chemisches Grundpraktikum

<b>Anorganisch Chemisches Grundpraktikum</b>					
<b>Modul-Nr.</b>	<b>Credits</b> 5 CP	<b>Workload</b> 330 h	<b>Semester</b> 2. Sem.	<b>Turnus</b> nur SoSe	<b>Dauer</b> 2 Wochen in der vorlesungsfreien Zeit
<b>Lehrveranstaltungen</b> Anorganisch-chemisches Grundpraktikum			<b>Kontaktzeit</b> 80 h	<b>Selbststudium</b> 70 h	<b>Gruppengröße</b> Sämtliche im Fachsemester eingeschriebene Studierende, ca. 90
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> Klausur zur Vorlesung Allgemeine Chemie und Einführungspraktikum Allgemeine Chemie					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls  können die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• praktische chemische Arbeiten im Bereich der Anorganischen Synthesechemie selbständig durchführen und die hergestellten Präparate mittels klassischer und moderner Analysemethoden untersuchen</li> <li>• die erlernten Kenntnisse der apparativen und handwerklichen Grundlagen mit dem vertieften theoretischen Wissen zu verbinden und auf neue anorganische Synthesen anwenden</li> <li>• konkrete Kenntnisse über den Umgang mit Gefahrstoffen anwenden</li> </ul>					
<b>Inhalt</b>					

<b>Anorganisch Chemisches Grundpraktikum</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chemie der Haupt-und Nebengruppenelemente</li> <li>• komplexe Salze im wässrigem Medium</li> <li>• Synthesen in nichtwässrigen Lösungsmitteln</li> <li>• Grundlagen der Festkörperchemie von kristallinen Verbindungen und intermetallischen Phasen</li> <li>• Nebengruppenelemente in verschiedenen Oxidationsstufen</li> <li>• Analytische und spektroskopische Methoden zur Substanzcharakterisierung: Refraktometrie, Polarometrie, IR-/Ramanspektroskopie, Lumineszenzspektroskopie, Röntgenpulverdiffraktometrie</li> </ul>
<b>Lehrformen</b> Praktikum mit begleitenden Seminaren und begleitendem e-learning
<b>Prüfungsformen</b> Online Antestate und mündliche Antestate vor der praktischen Durchführung der Synthesen, Protokolle nach Fertigstellung der 6 Pflichtpräparate sowie einer Auswahl aus mindestens 5 Wahlpräparaten
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestehen der Antestate vor der präparativen Arbeit (Fragen zur Theorie, Stöchiometrie, Laborsicherheit), erfolgreiche Synthese der zum Bestehen notwendigen Präparate innerhalb der limitierten Praktikumszeit, Vorlage eines testierten Protokolles für jedes Präparat
<b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen) Bachelor-Studiengänge der Chemie und Biochemie; Optionalbereich.
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Erfolgreiche Teilnahme
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Dr. Bert Mallick
<b>Sonstige Informationen</b>

## Anorganische Chemie II

<b>Anorganische Chemie II</b>					
<b>Modul-Nr. III</b>	<b>Credits</b>	<b>Workload</b>	<b>Semester</b>	<b>Turnus</b>	<b>Dauer</b>
	5 CP	150 h	4. Sem.	nur SoSe	1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> Anorganische Chemie II a) Vorlesung (V) b) Übung (Ü)			<b>Kontaktzeit</b> c) 2SWS/30 h d) 1 SWS/15 h	<b>Selbststudium</b> a) 60 h b) 45 h	<b>Gruppengröße</b> Sämtliche im Fachsemester eingeschriebene Studierende, ca. 70

<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b> Keine
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls verfügen die Studierenden über grundlegende Kenntnisse über <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ausgewählte und allgemeine Konzepte der fortgeschrittenen Anorganischen Molekülchemie.</li> <li>○ unterschiedliche Stoffklassen der element- und metallorganischen Chemie</li> <li>○ Tendenzen von Struktur und Reaktivität in den Haupt- und Nebengruppen des Periodensystems der Elemente</li> <li>○ Fachgebiets-übergreifende Anwendungen der Verbindungen</li> <li>○ Symmetrie und Bindungstheorien.</li> </ul> </li> <li>• Darüber hinaus sind die Studierenden in der Lage, ihre Kenntnisse selbständig zur Analyse und Bearbeitung intellektuell anspruchsvoller Fragestellungen in der modernen anorganischen Molekülchemie einzusetzen und zum Lösen von Problemen anzuwenden.</li> </ul>
<b>Inhalt</b> <p>Das Modul befasst sich mit der Chemie anorganischer Molekülverbindungen, insbesondere mit metall- und elementorganischen Verbindungen der Haupt- und Nebengruppenelemente. Es werden u.a. folgende Themen bearbeitet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Darstellung, Strukturen, Eigenschaften und Reaktivitäten</li> <li>• Bindungstheoretische Betrachtungen und Tendenzen im Periodensystem</li> <li>• Spektroskopische Methoden zur Aufklärung von Strukturen und Bindungssituationen</li> <li>• Anwendungen der Verbindungen in der Materialchemie und homogenen Katalyse</li> <li>• Aktuelle Entwicklungen wie niedervalente Hauptgruppenverbindungen und Aktivierung und Nutzung kleiner Moleküle als nachhaltige Synthesebausteine</li> </ul>
<b>Lehrformen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Präsenzvorlesung, inverted class room, Lehrvideos (Selbststudium),</li> <li>b) Präsenzübungen</li> </ul>
<b>Prüfungsformen</b> <p>Klausur (bis zu 120min.) am Semesterende</p>
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> <p>Bestehen der Modulklausur</p>
<b>Verwendung des Moduls</b> <p><i>Chemie, Nachhaltige Chemie</i></p>
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> <p>Nach CP gewichtet</p>
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> <p>V. Däschlein-Gessner V. Däschlein-Gessner und Dozenten der Anorganischen Chemie</p>
<b>Sonstige Informationen</b>

## Organische Chemie I

<b>Organische Chemie I</b>					
<b>Modul-Nr.</b> IV	<b>Credits</b> 5 CP	<b>Workload</b> 150 h	<b>Semester</b> 2. Sem.	<b>Turnus</b> nur SoSe	<b>Dauer</b> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> Organische Chemie I			<b>Kontaktzeit</b> 4 SWS / 52 h	<b>Selbststudium</b> 98 h	<b>Gruppengröße</b> Sämtliche im Fachsemester eingeschriebene Studierende, ca. 240
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen Studierende das Basiswissen der Organischen Chemie</li> <li>• verstehen Studierende strukturelle und mechanistische Grundlagen der Organischen Chemie</li> <li>• können Studierende die Reaktivitäten im Bereich von funktionalisierten Alkanen, Alkenen und Alkinen einschätzen</li> <li>• verstehen Grundlagenkenntnisse als Voraussetzung für eine Nachhaltige Chemie.</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Struktur und Bindungen organischer Moleküle</li> <li>• Übersicht über funktionelle Gruppen, Stoffklassen und Naturstoffe</li> <li>• Herstellung, Eigenschaften und grundlegende Reaktionen von Alkanen, Halogenalkanen, Alkoholen, Alkenen und Alkinen</li> </ul>					
<b>Lehrformen</b> Inverted Classroom: Videos als Lehrmaterial; im Hörsaal Übungen und zusätzliche Erläuterungen; ergänzendes Tutorium					
<b>Prüfungsformen</b> Klausur (120min.) am Semesterende					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestehen der Klausur					
<b>Verwendung des Moduls</b> Pflichtmodul in den Bachelor-Studiengängen der Chemie und Biochemie; als theoretisches Basiswissen für das Modul Praktische Organische Chemie					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Nach CP gewichtet					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> G. Dyker, F. Schulz					
<b>Sonstige Informationen</b> e-learning-Modul, Link: <a href="http://www.ruhr-uni-bochum.de/oc2/dyker/Vorlesungen.html">http://www.ruhr-uni-bochum.de/oc2/dyker/Vorlesungen.html</a>					

## Organische Chemie II

<b>Organische Chemie II</b>					
<b>Modul-Nr. V</b>	<b>Credits</b> 5 CP	<b>Workload</b> 150 h	<b>Semester</b> 3. Sem.	<b>Turnus</b> nur WiSe	<b>Dauer</b> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> Organische Chemie II			<b>Kontaktzeit</b> 4 SWS / 52 h	<b>Selbststudium</b> 98 h	<b>Gruppengröße</b> Sämtliche im Fachsemester eingeschriebene Studierende, ca. 200
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> Es wird zuvor der erfolgreiche Abschluss des Moduls Organische Chemie I empfohlen.					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Diese Lehrveranstaltung erweitert das Basiswissen der Studierenden in Organischer Chemie. Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen Studierende erweiterte strukturelle und mechanistische Grundlagen der Organischen Chemie.</li> <li>• verstehen Studierende weiterführende organisch-chemische Fragestellungen.</li> <li>• können Studierende fachspezifische Lösungsmöglichkeiten erarbeiten.</li> <li>• können Studierende Reaktivitäten im Bereich von Aromaten, Carbonylverbindungen und Heterocyclen einschätzen.</li> <li>• erwerben erweiterte Grundkenntnisse zur organisch chemischen Prozessoptimierung als Voraussetzung für eine Nachhaltige Chemie.</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chemie der Aromaten; Farbstoffe, Polymere</li> <li>• Eigenschaften, Herstellung und Reaktionen von Carbonylverbindungen</li> <li>• Amine und Heterocyclen</li> <li>• Nachhaltigkeit und Atomökonomie</li> </ul>					
<b>Lehrformen</b> Inverted Classroom: Videos als Lehrmaterial; im Hörsaal Übungen und zusätzliche Erläuterungen; ergänzendes Tutorium					
<b>Prüfungsformen</b> Klausur (120min.) am Semesterende					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestehen der Klausur					
<b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen) Pflichtmodul in den Bachelor-Studiengängen der Chemie und Biochemie; als theoretisches Basiswissen für das Modul Praktische Organische Chemie.					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Nach CP gewichtet					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> G. Dyker, F. Schulz					
<b>Sonstige Informationen</b> e-learning-Modul, Link: <a href="http://www.ruhr-uni-bochum.de/oc2/dyker/Vorlesungen.html">http://www.ruhr-uni-bochum.de/oc2/dyker/Vorlesungen.html</a>					

## Organisch-chemisches Grundpraktikum

<b>Organisch-chemisches Grundpraktikum</b>					
Modul-Nr. 12	Credits 11 CP	Workload 330 h	Semester 4. Sem.	Turnus SoS	Dauer 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Praktikum mit Seminar b) Mündliche Abschlussprüfung			<b>Kontaktzeit</b> 18 SWS / 216h	<b>Selbststudium</b> 114 h	<b>Gruppengröße</b> Ca. 140 pro Jahr (96 Praktikums- Plätze semester- begleitend, 44 im Blockpraktikum )
<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b> Der erfolgreiche Abschluss mindestens eines der Module Organische Chemie I oder Organische Chemie II.					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen Studierende ein apparatives und praktisches Verständnis der Grundoperationen der Organischen Synthese</li> <li>• Studierende erwerben die Fähigkeit, einfache Synthesevorschriften im Bereich der Organischen Chemie praktisch nachzuvollziehen.</li> <li>• Sind die Studierenden vertraut mit den grundlegenden Sicherheitsvorschriften in der Organischen Chemie</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> Organisch-chemische Reaktionen und Verfahren wie Esterbildung, Herstellung von Derivaten organischer Säuren, Elektrophile Aromatische Substitution, Nukleophile Substitution, Additionen, Wittig-Reaktion, Grignard-Reaktionen, Radikalreaktionen, Darstellung von Enaminen, Hydroborierung, Photoreaktionen, Racemattrennung. Organisch-chemische Trennverfahren wie Destillation, Sublimation, Kristallisation und Chromatographie. Einfache analytische Methoden, UV, IR, NMR. Grundlegende Sicherheitsaspekte der organischen Chemie (Betriebsanweisungen, Abfalltrennung, Kennzeichnung von Gefahrstoffen)					
<b>Lehrformen</b> Praktikum					
<b>Prüfungsformen</b> Eingangskolloquium zu jedem der Versuche, zu testierende Abgabe der Präparate, zu testierende Versuchsprotokolle, Abschlusskolloquium					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Erfolgreiches absolvieren der Praktikumsversuche, sowie der mündlichen Abschlussprüfung					
<b>Verwendung des Moduls (in anderen Studiengängen)</b> Praxis-orientierte Grundlage für das Modul F-Synthesepraktikum Organische Chemie; Pflichtmodul in dem Bachelor-Studiengang der Chemie.					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote:</b> Unbenotet					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> S. Huber (Modulbeauftragter), L. Gooßen, F. Schulz, G. Dyker, C. Merten					
<b>Sonstige Informationen</b>					



## Physikalische Chemie I

Physikalische Chemie I					
<i>Modul-Nr./-Kürzel</i>	<i>Credits</i> 5 CP	<i>Workload</i> 150 h	<b>Semester</b> 3. Semester	<b>Turnus</b> WS	<i>Dauer</i> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> Physikalische Chemie I			<b>Kontaktzeit</b> 3 SWS, 45 h	<b>Selbststudium</b> 105 h	<b>Gruppengröße</b> 150 Studierende Übungsgruppen: 30
<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b> keine; empfohlen werden: Physikalische Grundlagen der Chemie, Mathematik für Chemiker					
<b>Lernziele</b>  Absolventen dieses Moduls erwerben ein vertieftes Verständnis der Thermodynamik und ihrer Anwendungsmöglichkeiten in der nachhaltigen Chemie. Dazu gehören die Beziehungen zwischen Zustandsgrößen, insbesondere ihre Temperatur-, Druck- und Konzentrationsabhängigkeiten, um Phasengleichgewichte und chemische Reaktionsgleichgewichte einschließlich elektrochemischer Systeme quantitativ zu beschreiben.  Darüber hinaus erlernen die Studierenden die Grundzüge der chemischen Reaktionskinetik, um zeitliche Verläufe chemischer Reaktionen zu beschreiben und zu analysieren und um daraus Rückschlüsse auf den Reaktionsmechanismus zu gewinnen.  Die Zusammenhänge zwischen Energie und verschiedenen Aspekten chemischer Reaktionen und physikalischer Prozesse spielen für das Verständnis der Nachhaltigkeit in der Chemie eine wichtige Rolle und sollen hier besonders beleuchtet werden (z.B. Carnot-Zyklus, Wärmepumpe etc., sowie Temperatur- und Druckabhängigkeit chemischer Reaktionssysteme).					
<b>Inhalt</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reale Gasgesetze</li> <li>2. Zustandsfunktionen und Zustandsgrößen und die Berechnung von deren Änderungen über das totale Differenzial</li> <li>3. Die Hauptsätze der Thermodynamik und ihre Verknüpfung miteinander</li> <li>4. Thermodynamische Fundamentalgleichungen und Maxwellsche Beziehungen</li> <li>5. Chemisches Potential und van't Hoffsche Reaktionsisotherme</li> <li>6. Clausius-Clapeyron und Phasengleichgewichte</li> <li>7. Thermodynamische Analyse kolligativer Eigenschaften</li> <li>8. Die kinetische Gastheorie und die Maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung.</li> <li>9. Reaktionsordnung und Geschwindigkeitsgesetze</li> <li>10. Kinetik von Gleichgewichtsreaktionen</li> <li>11. Konsekutive Reaktionen und stationäre Näherungen</li> <li>12. Arrhenius Gesetz</li> </ol>					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung (2 SWS, 30 h), Übung (1 SWS, 15 h)					
<b>Prüfungsformen</b> Klausur					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestehen der Klausur					
<b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen)					

B.Sc. Chemie, B.Sc. Biochemie
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b>
Nach CP gewichtet.
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b>
Dozenten der physikalischen Chemie
<b>Sonstige Informationen</b>

## Physikalisch Chemisches Grundpraktikum

Physikalisch-chemisches Grundpraktikum und Seminar I					
<i>Modul-Nr./-Kürzel</i> 180452/180453	<i>Credits</i> 5 CP	<i>Workload</i> 150 h	<i>Semester</i> 3. Sem.	<i>Turnus</i> WS	<i>Dauer</i> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Praktikum b) Seminar			<b>Kontaktzeit</b> a) 6 SWS / 70 h b) 2 SWS / 30 h	<b>Selbststudium</b> 50 h	<b>Gruppengröße</b> a) 2 Studierende b) 1 Studierender Insg. ca. 100
<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b> Vorkenntnisse in Mathematik, Physik und Physikalischer Chemie nachgewiesen durch Mathematik für Chemiker I oder Physikalische Grundlagen der Chemie					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> <u>Zielsetzung:</u> Nach Ende des Praktikums haben Studierende ein apparatives und theoretisches Verständnis grundlegender experimenteller Techniken der Physikalischen Chemie erworben. Sie werden in der Lage sein, die durchgeführten Experimente in schriftlichen Berichten und einem Seminarbeitrag darzustellen. <u>Kompetenzen:</u> Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, durchgeführte Experimente schriftlichen zu dokumentieren und erzielte Ergebnisse in einem Seminarbeitrag darzustellen.					
<b>Inhalt</b> <u>Apparative Methoden:</u> Elektrodentypen, Kalorimeter, Vakuumanlagen, Gasanlagen, Physikalische und Chemische Sensoren, Datenaufnahme und -bearbeitung per Computer, Laser <u>Themengebiete:</u> Phasendiagramm, Kalorimetrie, Elektromotorische Kraft, Elektrolyte, Reibung, Mischungen, Oberflächenspannung, Diffusion, Leitfähigkeit, Ionenbeweglichkeit, Kinetische Funktionen, Strukturbestimmung, Spektroskopie, Fehleranalyse <u>Präsentationstechniken:</u> Optimale Gestaltung einer Präsentation					
<b>Lehrformen</b> Praktikumsexperimente, schriftlichen Berichte, Präsentation					
<b>Prüfungsformen</b> Schriftliche Berichte, 15-20-minütige Präsentation					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Fachlich korrekte Darstellung der Einzelversuche in schriftlichen Berichten sowie fachlich korrekte Präsentation des zugewiesenen Themas.					
<b>Verwendung des Moduls (in anderen Studiengängen)</b> Biochemie B.Sc., 2-Fach-Bachelor Chemie					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> unbenotet					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> S. Henkel, M. Havenith					
<b>Sonstige Informationen</b> Vor dem Praktikum ist ein Sicherheitskolloquium abzulegen					

## Physikalische Chemie II

Physikalische Chemie II
-------------------------

<i>Modul-Nr./- Kürzel</i>	<i>Credits</i> 5 CP	<i>Workload</i> 150 h	<b>Semester</b> 4. Semester	<b>Turnus</b> SS	<i>Dauer</i> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> Physikalische Chemie II			<b>Kontaktzeit</b> 3 SWS, 45h	<b>Selbststudium</b> 105 h	<b>Gruppengröße</b> 120 Studierende Übungsgruppen 30
<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b> <i>keine; empfohlen werden: Physikalische Chemie I, Theorie der chemischen Bindung</i>					
<b>Lernziele</b> Absolventen dieses Moduls lernen <ul style="list-style-type: none"> <li>a) quantenmechanische Grundlagen mit Spektroskopie zu verknüpfen und Spektroskopie von Materie grundlegend zu verstehen.</li> <li>b) eine statistische Perspektive bei der Beschreibung von Materialeigenschaften einzunehmen und exemplarisch auf Gase, Festkörper etc. anzuwenden</li> </ul> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verstehen die Studierenden grundlegende Aspekte der Spektroskopie von Materie und können Lösungsmöglichkeiten für neue Fragestellungen erarbeiten</li> <li>- Können die Studierenden von der mikroskopischen Ebene ausgehend statistische makroskopische (thermodynamische) Größen berechnen und auf typische Fragestellungen aus der Chemie anwenden</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Struktur der Materie und Spektroskopie <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verknüpfung des Formalismus der Quantenmechanik mit wichtigen Spektroskopie-Arten: Rotationsspektroskopie, Schwingungsspektroskopie, Raman-Spektroskopie, Fluoreszenzspektroskopie</li> <li>- Exemplarische Anwendungen der spektroskopischen Methoden.</li> </ul> </li> <li>2. Statistische Thermodynamik <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundlagen: Verteilungen, Mikro- und Makrozustände, Boltzmann-Statistik, Zustandssumme, Ensemble</li> <li>- Verknüpfung mit thermodynamischen Funktionen, Zustandssummen in der Quantenmechanik</li> <li>- Anwendungen auf Gase, Festkörper, chemische Reaktionen</li> </ul> </li> </ol>					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung (2 SWS, 30 h), Übung (1 SWS, 15 h)					
<b>Prüfungsformen</b> Klausur					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestehen der Klausur					
<b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen) B.Sc. Chemie					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Nach CP gewichtet					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Dozenten der physikalischen Chemie					
<b>Sonstige Informationen</b>					
<b>Theorie der chemischen Bindung</b>					
<b>Theorie der Chemischen Bindung</b>					

<i>Modul-Nr./- Kürzel</i>	<i>Credits</i> 5 CP	<i>Workload</i> 150 h	<b>Semester</b> 3. Sem.	<b>Turnus</b> Jedes WiSe	<i>Dauer</i> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung b) Übung			<b>Kontaktzeit</b> a) 2 SWS / 28 h b) 1 SWS / 14 h	<b>Selbststudium</b> 75 h	<b>Gruppengröße</b> Ca.200 Studierende
<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b>					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> <u>Zielsetzung:</u> Die Teilnehmer sollen Grundkenntnisse in der quantenchemischen Beschreibung der chemischen Bindung, der MO-Theorie und der klassischen Molekulardynamik erlangen. <u>Kompetenzen:</u> Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, die Natur der chemischen Bindung grundlegend zu verstehen und selbstständig auf (einfache) Moleküle mit unterschiedlichen Elektronenkonfigurationen anzuwenden. Die vermittelten Grundideen der Molekulardynamik erlauben es, Möglichkeiten und Beschränkungen dieser Methode grob zu beurteilen. Damit erwerben sie die nötigen theoretischen Grundkompetenzen für weiterführende Lehrveranstaltungen.					
<b>Inhalt</b> 1. Quantenmechanische Grundlagen (Welle-Teilchen-Dualismus, Wellenfunktionen, Operatoren, Unschärferelation, Schrödingergleichung, Erwartungswerte, Eigenwerte) 2. Quantenmechanische Behandlung von Einteilchensystemen (Teilchen im Kasten, Tunneleffekt, harmonischer Oszillator, H-Atom, Atomorbitale, Knotenregel, Quantenzahlen) 3. Allgemeine Konzepte bei der Beschreibung der Eigenschaften mehratomiger Moleküle (Born-Oppenheimer-Näherung, Potentialflächen, topologische Charakterisierung (Gleichgewichtstrukturen, Übergangszustände, Intermediate, Isomere), Schwingungsspektren (harmonische Analyse, Normalmoden), Kraftfeldapproximation) 4. Grundkonzepte der Molekulardynamik mit Kraftfeldern (Newtonsche Mechanik, Integratoren, Randbedingungen, Valenzkraftfelder, Berechnung klassischer Observable) 5. Molekülorbitale zweiatomiger Moleküle (LCAO-Ansatz für $H_2^+$ und $H_2$ , Molekülorbitale für homo- und heteronukleare zweiatomige Moleküle, MO-Diagramme, kanonische und lokalisierte MOs, Hückel-Theorie) 6. Mehrelektronensysteme (Pauli-Prinzip, Spin, Aufbauprinzip, Elektronenkonfiguration, Notation, Grundideen von Hartree-Fock Theorie und Kohn-Sham Dichtefunktionaltheorie) 7. Chemische Bindung in kleinen mehratomigen Molekülen (Hybridisierung, Lokalisierung von Bindungen, Lewis Strukturen, Mehrzentrenbindungen)					
<b>Lehrformen</b> a) Vorlesung (2 SWS) b) Übungen analytisch („Papier und Bleistift“) mit Präsentation der Ergebnisse und deren Diskussionen in Kleingruppen bzw. digital („hands-on“) im Computerlabor (1 SWS bzw. Blockkurs)					
<b>Prüfungsformen</b> Klausur					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestandene Modulklausur					
<b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen) Modul kann CP-relevant in den Studiengang B.Sc. Biochemie integriert werden (als Zusatzfach „Chemie“)					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Nach CP gewichtet					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> D. Marx, C. Hättig					
<b>Sonstige Informationen</b> Modul kann CP-relevant in den Studiengang B.Sc. Biochemie integriert werden (als Zusatzfach „Chemie“)					

## Methoden der Strukturaufklärung

Methoden der Strukturaufklärung					
<b>Modul-Nr. X</b>	<b>Credits</b> 5 CP	<b>Workload</b> 150 h	<b>Semester</b> 5. Sem.	<b>Turnus</b> nur WiSe	<b>Dauer</b> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> Methoden der Strukturaufklärung			<b>Kontaktzeit</b> a) 2 SWS b) 2 SWS	<b>Selbststudium</b> 108 h	<b>Gruppengröße</b> Alle im Fachsemester eingeschriebenen Studierenden, ca. 100
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> Vorkenntnisse in Allgemeiner Chemie					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> <u>Zielsetzung:</u> Die Teilnehmer sollen am Ende des Kurses in der Lage sein, selbständig die Struktur unbekannter chemischer Verbindungen anhand Ihrer UV-, IR-, MS- und NMR-Spektren zu bestimmen. Weiterhin sollen theoretische Grundlagen <u>Kompetenzen:</u> Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, die in der eigenständigen Laborarbeit hergestellten Substanzen zu charakterisieren und Strukturen zu verifizieren.					
<b>Inhalte:</b> <b>UV/VIS-Spektroskopie:</b> Messtechnik, Elektronenanregung und Molekülstruktur, Extinktion, Chromophore, p-p* und n-p*-Übergänge, UV/VIS-Spektren organischer Substanzklassen. <b>IR-Spektroskopie:</b> Messtechnik (Probenformen, Ablauf der Messung), wichtige theoretische Grundlagen (Oszillatoren, Obertöne, Fermi-Resonanz, Auswahlregeln, etc.), Identifizierung funktioneller Gruppen in komplexen Verbindungen anhand von Gruppenfrequenzen, Isotopeneffekte, Einfluß von Medium und Aggregation auf IR-Spektren; Grundlagen der Raman-Spektroskopie <b>Massenspektrometrie:</b> Aufbau von Massenspektrometern, Ionisations- (EI, FAB, ESI, MALDI) und Detektionstechniken, Charakteristische Zerfallsmuster organischer Verbindungen. <b>NMR-Spektroskopie:</b> <i>Physikalische und messtechnische Grundlagen:</i> Makroskopische Magnetisierung, Vektormodell, Relaxation, Probenbereitung, einfache Pulsprogramme, Fouriertransformation zu 1D- und 2D-NMR-Spektren, Breitbandige und selektive Anregung bzw. Entkopplung; 2D-Spektren - COSY, HMQC. <i>Spektrale Parameter und molekulare Struktur:</i> Chemische Verschiebungen in $^1\text{H}$ - und $^{13}\text{C}$ -NMR Spektren - elektronische Umgebung, Anisotropie, Ringstrom, Lösungsmiteleinfluß und intermolekulare Aggregation, Voraussagen von chemischen Verschiebungen durch Inkrementsysteme und empirische Programme; Strukturabhängigkeit skalarer Kopplungen (Karplus-Gleichung), dipolare Kopplung und Populationstransfer, NMR-Spektren von Heterokernen - $^{19}\text{F}$ , $^{31}\text{P}$ ; Homonukleare und heteronukleare Spinsysteme <b>Kombination von spektroskopischen Techniken und chemischem Wissen zur Strukturaufklärung unbekannter Stoffe:</b> Welche Technik für welche Fragestellung? Welche spektrale Information ist hinreichend für die Identifizierung einer Struktureigenschaft - welche Daten sind nur Hinweise? Problemlösungen in den Übungen.					
<b>Lehrformen</b> a) Vorlesung; b) Übung					
<b>Prüfungsformen</b> Klausur (120min.) am Semesterende					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestandene Modulklausur					

<b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen) Bachelor-Studiengänge der Chemie und Biochemie; Optionalbereich.
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Nach CP gewichtet
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> C. Merten
<b>Sonstige Informationen</b>

## Einführung in die Biochemie

<b>Einführung in die Biochemie</b>					
Modul-Nr. 15	Credits 5 CP	Workload 150 h	Semester 4. Sem.	Turnus SoSe	Dauer 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> Einführung in die Biochemie (184200)			<b>Kontaktzeit</b> 42 h	<b>Selbststudium</b> 108 h	<b>Gruppengröße</b> ca. 200 Stud.
<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b> keine					
<b>Lernziele</b> <p>Die Vorlesung vermittelt Grundkenntnisse über den molekularen Aufbau lebender Systeme. Es wird ein grundlegendes Verständnis für wichtige Grundbausteine, für die Biochemie wichtige Reaktionen und den Aufbau unterschiedlicher Zellkompartimente entwickelt. Darüber hinaus werden grundlegende Vorstellungen der Funktion von Membran-, Transport- und Motorproteinen, Signalübertragungsketten sowie der hormonellen Koordination größerer Organsysteme erarbeitet.</p> <p>Nach Abschluss der Vorlesung können die Teilnehmer grundlegende biochemische Fragestellungen verstehen und einfache fachspezifische Lösungsmöglichkeiten erarbeiten.</p>					
<b>Inhalt</b> <p>Die Vorlesung beschäftigt sich mit den folgenden Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elemente des Lebens, Wasser als Lösungsmittel und die Regulation des pH-Wertes in Biosystemen</li> <li>• Kohlenstoffverbindungen, funktionelle Gruppen in Biomolekülen und energiereiche Bindungen</li> <li>• Aminosäuren, Peptidbindung und allgemeine Proteinstruktur</li> <li>• Struktur und Funktion von Nukleotiden</li> <li>• Zucker: Energiespeicher und Marker für Proteine</li> <li>• Grundlagen des Stoffwechsels,</li> <li>• Lipidzusammensetzung der Zellmembran, Membranproteine und Verankerung von Proteinen</li> <li>• Transport über Membranen I: Transportproteine und Ionenpumpen</li> <li>• Transport über Membranen II: Struktur und Funktion von K<sup>+</sup>-Kanälen und potenzialaktivierten Ionenkanälen</li> <li>• Zellkompartimente und ihre Funktion</li> <li>• Zytoskelett, Motorproteine und Zellbewegung</li> </ul>					

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prinzipien der Signaltransduktion am Beispiel der 7-Transmembranrezeptoren</li> <li>• Koordination der Funktion verschiedener Organe durch Hormone</li> </ul>
<b>Lehrformen</b> Vorlesung
<b>Prüfungsformen</b> Klausur
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestehen der Klausur
<b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen)
<b>Stellenwert der Note für die Endnote:</b> nach CP gewichtet
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> a) R. Stoll
<b>Sonstige Informationen</b>

## Grundlagen der Technischen Chemie

Grundlagen der Technischen Chemie					
<i>Modul-Nr./-Kürzel</i>	<i>Credits</i> 4 CP	<i>Workload</i> 120 h	<b>Semester</b> 4. Sem.	<b>Turnus</b> nur SoS	<i>Dauer</i> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Grundlagen der Technischen Chemie (V) b) Übung			<b>Kontaktzeit</b> a) 2 SWS / 28 h b) 1 SWS / 14 h	<b>Selbststudium</b> 75 h	<b>Gruppengröße</b> Sämtliche im Fachsemester eingeschriebene Studierende
<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b> Grundkenntnisse in Allgemeiner, Anorganischer, Organischer und Physikalischer Chemie					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> <u>Zielsetzung:</u> Nach Abschluss dieses Moduls sollen die Studierenden ein grundlegendes Verständnis der wichtigsten Problemstellungen der Technischen Chemie haben, die wichtigsten Stoff- und Energieverbünde der Chemiewirtschaft kennen und einfache Aufgaben zur Bilanzierung von chemischen Verfahren, zur Umsatzberechnung bei idealen Reaktoren, zur Beschreibung von Wärme- und Stoffübergang sowie zur Wirtschaftlichkeitsbeurteilung lösen können. <u>Kompetenzen:</u> Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, grundlegende Fragestellungen der industriellen Praxis der Chemie zu verstehen, Entwicklungstendenzen zu erkennen und einfache Probleme zu formalisieren bzw. quantitativ zu erfassen.					
<b>Inhalt</b> 1. Verfahren und Stoffverbund: Beziehungen zwischen Einzelverfahren und Stoffverbund, Rohstoffe/typische Produkte der chemischen Industrie und ihre Eigenschaften/Qualitätsmerkmale, Zwischenproduktebenen zwischen Rohstoff und Produkt 2. Allgemeine chemische Technologie: ökonomische Aspekte, Energie- und Rohstoffsituation, Sicherheits- und Umweltaspekte (Strategien im Umgang mit Abprodukten, mit toxischen, brennbaren, explosiven Stoffen), Wassermanagement 3. Reaktoren: kontinuierliche, diskontinuierliche Reaktionsführung, Reaktorgestaltung in Abhängigkeit vom Phasenbestand, von der Wärmetönung, von der Desaktivierungsgeschwindigkeit des Katalysators; ideale Reaktoren: Bilanzierung, Verweilzeitfunktion, Umsatzberechnung 4. Thermische Trennverfahren: Rektifikation, Absorption, Extraktion, Adsorption, Kristallisation – zugrunde liegende Gleichgewichte und apparative Realisierung					

5. Mechanische Aufschluss- und Trennverfahren (Brechen, Mahlen, Sedimentieren, Zentrifugieren, Zyklon, Filter, Flotation), elektrostatische und magnetische Verfahren (Elektrofilter, elektrostatisches, magnetisches) Scheiden 6. Energiemanagement: Grundlagen der Wärmeübertragung (Triebkräfte, Mechanismen), Wärmetauscher, Verdampfer, Öfen, Kälteerzeugung 7. Stoffaustausch: Triebkraft, Mechanismen; Stoffaustausch über Phasengrenzflächen, Rolle der Austauschfläche und der Turbulenz, Stoffaustausch in Trenn- und Reaktionsapparaten 8. Grundformen der Förderaggregate/Kompressoren 9. Technische Katalyse: Grundbegriffe, Grundformen; Elementarschritte der heterogenen Katalyse, Kopplung Reaktion-Stofftransport (qualitativ), Einsatzbereiche der heterogenen, homogenen, Biokatalyse 10. Wichtige Prozessstränge der chemischen Industrie: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Synthesegaserzeugung (Basis Erdgas), -aufbereitung, -verwendung, Technologie exothermer Gleichgewichtsreaktionen am Beispiel Ammoniaksynthese;</li> <li>2. vom Erdöl zum Kraftstoff: Übersicht über Raffinerieprozesse;</li> <li>3. vom Erdöl zum Kunststoff: Monomerproduktion (Steam Cracker, Aufbau von Monomerstrukturen), Polymer-aufbaureaktionen, Polymerisationsverfahren, Massenpolymere;</li> <li>4. Schwefelsäure und Kreislaufwirtschaft;</li> <li>5. Funktionalisierung von Kohlenwasserstoffen (über Sauerstoff, über Chlor, über Stickstoff);</li> <li>6. technische Elektrochemie.</li> </ol>
<b>Lehrformen</b> a) Vorlesung; b) Übung
<b>Prüfungsformen</b> Klausur
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestehen der Klausur
<b>Verwendung des Moduls (in anderen Studiengängen)</b> Bachelor-Studiengang Chemie; 2-Fach Studiengang Bachelor of Arts; Master of Education
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Nach CP gewichtet
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> B. Mei, M. Muhler
<b>Sonstige Informationen</b> Vorlesungsmaterialien werden über moodle-Kurse publiziert

## Wahlpflichtvorlesungen

### Anorganische Chemie III

Anorganische Chemie III					
<i>Modul-Nr./-Kürzel</i>	<i>Credits</i> 5 CP	<i>Workload</i> 150 h	<b>Semester</b> 6. Sem.	<b>Turnus</b> nur SoSe	<i>Dauer</i> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Gruppengröße</b>
a) Anorganische Chemie III (V)			a) 2 SWS	c) 60 h	ca. 30 Studierende
b) Übung zur Vorlesung (Ü)			b) 1 SWS	d) 45 h	



<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b> Keine
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> <u>Zielsetzung:</u> Gegenstand des Moduls ist die Vermittlung grundlegende Kenntnisse: I) anorganischen Festkörper-, und Materialchemie sowie deren Anwendungen. II) Grundlagen der Kristallografie III) Verfahren zur Synthese anorganischer Festkörper IV) Moderne nachhaltige Verfahren und Materialien <u>Kompetenzen:</u> Nach Ende dieses Moduls können die Studierenden: I) Methoden der Synthese anorganischer Festkörper und Materialien diskutieren und daraus Synthesestrategien ableiten. II) die wesentlichen Typen von Kristallstrukturen beschreiben und mit den stofflichen Eigenschaften sowie mit der vorliegenden chemischen Bindung verknüpfen. III) die wichtigsten anorganischen Materialklassen anhand ihrer Eigenschaftsprofile diskutieren und sind in der Lage, die physikalischen Grundlagen der Methoden zur Charakterisierung anorganischer Verbindungen und Materialien zu erläutern und deren Messergebnisse auszuwerten. IV) industrielle Materialverarbeitungsmethoden und -prozesse sowie ausgewählte Anwendungen anorganischer Materialien beschreiben.
<b>Inhalt</b> Das Modul umfasst die stofflichen, methodischen und konzeptionellen Grundlagen der modernen anorganischen Festkörper-, und Materialchemie sowie deren Anwendungen. <b>Festkörperchemie:</b> Raumgruppen, Kristallografie, Materialklassen (z.B. Spinell, Perowskit, Zeolithe) Supraleiter <b>Metalle:</b> Herstellung und Aufreinigung (z.B. van-Arkel-de-Boer, Mond-, Kroll-Verfahren), CVD, PVD Techniken, Legierungen <b>Halbmetalle:</b> Bändermodelle, Silizium, Solar, Halbleiter <b>Anorganische Materialien im Kontext der Nachhaltigkeit:</b> industrielle Materialverarbeitungsverfahren, Photovoltaik, Energiespeicherung und -konversion
<b>Lehrformen</b> a) Vorlesung, Lehrvideos (Selbststudium) b) Präsenzübungen Sprache: Deutsch
<b>Prüfungsformen</b> a) Klausur 90 min am Semesterende
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestehen der Klausur
<b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen) Chemie, Biochemie
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> nach CP gewichtet
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Dr. Bert Mallick, Dr. Sven Grätz und Dozenten der Anorganischen Chemie
<b>Sonstige Informationen</b>

## Organische Chemie III

Organische Chemie III					
Modul-Nr. 20	Credits 5 CP	Workload 150 h	Semester 5. Sem.	Turnus Nur WS	Dauer 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung b) Übung			<b>Kontaktzeit</b> a) 2 SWS / 28 h b) 1 SWS / 14 h	<b>Selbststudium</b> 105 h	<b>Gruppengröße</b> Sämtliche im Fachsemester eingeschriebene Studierende, ca. 200
<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b> Vorkenntnisse in Organischer Chemie					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> <u>Zielsetzung:</u> Dieses Modul soll den Studierenden moderne Methoden der Organischen Synthese vermitteln. Absolventen haben ein vertieftes Verständnis auf dem Gebiet der Carbokationen-, Radikal- und Carbenchemie sowie auf den Gebieten Carbanionen, Stereochemische Konzepte und Enolate <u>Kompetenzen:</u> Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, Literatur zu den Themen Carbokationen, Radikale und Carbene, Carbanionen, Stereochemische Konzepte und Enolate fachlich einzuordnen.					
<b>Inhalt</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Carbokationen (Thermochemie, Umlagerungsreaktionen, Nucleophile Substitution)</li> <li>2. Radikale und Radikalreaktionen (Darstellung von Radikalen, ESR-Spektroskopie, Thermochemie, Radikalreaktionen)</li> <li>3. Diradikale und Carbene (Erzeugung von Carbenen, Carbenreaktionen)</li> <li>4. Chemie der Carbanionen (Struktur und Reaktivität von Carbanionen, Basizität, Nukleophilie)</li> <li>5. Stereochemische Konzepte (Prochiralität, Stereo- und Regioselektivität, Diastereo- und Enantioselektivität, thermodynamische und kinetische Kontrolle)</li> <li>6. Enolate (Aldolreaktion, Allylierungen, C-C Verknüpfungen über Ylide, enantioselektive Katalyse).</li> </ol>					
<b>Lehrformen</b> Vorlesung, Übungen					
<b>Prüfungsformen</b> 120-minütige Klausur					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestehen der Klausur					
<b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen) BSc. Biochemie, BSc. Chemie					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Nach CP gewichtet					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> S. Huber, L. Gooßen					
<b>Sonstige Informationen</b> Vorbereitungsmaterialien zum Selbststudium und Übungsaufgaben befinden sich auf dem Blackboard					

## Physikalische Chemie III

Physikalische Chemie III					
Modul-Nr./- Kürzel	Credits 5 CP	Workload 150 h	Semester 5. oder 6. Semester	Turnus WS oder SS	Dauer 1 Semester
<b>Lehrveranstaltung</b> Physikalische Chemie III			<b>Kontaktzeit</b> 3 SWS, 45 h	<b>Selbststudium</b> 105 h	<b>Gruppengröße</b> 80 Studierende

			Übungsgruppen: 30
<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b>			
Physikalische Chemie I und Physikalische Chemie II			
<b>Lernziele</b>			
Durch dieses Moduls erlernen die Studierenden die Grundlagen moderner linearer spektroskopischer und mikroskopischer Methoden zur Untersuchung molekularer Strukturen in unterschiedlichen Umgebungen, wie sie im Bereich der nachhaltigen Chemie angewendet werden. Insbesondere erlernen sie, die Anwendung laserbasierter spektroskopischer Methoden, die den Wellenlängenbereich von THz bis VUV umfassen und mikroskopischer Methoden jenseits des Abbé-Limits.			
<b>Inhalt</b>			
Elektromagnetische Strahlung, molekulare Strukturen, Licht-Materie -Wechselwirkung Grundlegende Prinzipien der Laserstrahlung Optische und spektroskopische Elemente Linienverbreiterung, spektroskopische Bandbreite, Fourier-Transformation Molekulare Symmetrie, Punktgruppen, molekulare Symmetriegruppen ausgewählte mikroskopische Techniken zur Abbildung einzelner Moleküle ausgewählte spektroskopische Techniken zur Identifikation von Molekülen			
<b>Lehrformen</b>			
Vorlesung (2 SWS, 30 h), Übung (1 SWS, 15 h)			
<b>Prüfungsformen</b>			
Klausur			
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b>			
Bestehen einer Klausur oder mündlichen Prüfung.			
<b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen)			
B.Sc. Chemie, B.Sc. Biochemie			
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b>			
Nach CP gewichtet.			
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b>			
Dozenten der physikalischen Chemie.			
<b>Sonstige Informationen</b>			

## Analytische Chemie II

Analytische Chemie II					
<i>Modul-Nr./-Kürzel</i>	<i>Credits</i> 5 CP	<i>Workload</i> 150 h	<b>Semester</b> 5. Sem.	<b>Turnus</b> WS	<i>Dauer</i> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung Analytische Chemie II b) Übung zur Vorlesung Analytische Chemie II			<b>Kontaktzeit</b> a) 2 SWS / 28 h b) 1 SWS / 14 h	<b>Selbststudium</b> 108 h	<b>Gruppengröße</b> 50 Studierende

<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> <i>Keine</i>
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> <u>Zielsetzung:</u> Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls besitzen Studierende ein fortgeschrittenes Verständnis über die Theorie, Gerätebau und praktische Anwendung moderner instrumenteller Analysemethoden zur Charakterisierung und Quantifizierung von Substanzen in komplexen Proben bspw. aus den Bereichen Prozess- und Lebensmittelanalytik, Umweltmonitoring oder biomedizinischer Diagnostik.  <u>Kompetenzen:</u> Die Studierenden können für analytische Fragestellungen in verschiedenen Medien geeignete instrumentelle Methoden und ggf. Trennverfahren auswählen, verstehen und anwenden.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Oberflächenempfindliche Messverfahren</li> <li>– Schichtdickenmessung mittels reflektometrischer Verfahren</li> <li>– In-situ Oberflächenanalytik mittels Plasmonenresonanz und Quarzmikrowaagen</li> <li>– Abgeschwächte Totalreflexionsmethoden</li> <li>– Elektroanalytik und Elektrokatalyse</li> <li>– Bioanalytik: Immunoassays, Enzymatische Analytik</li> <li>– Sensorik: Ionenselektive Elektroden, Chemische Sensoren, Biosensoren</li> </ul>
<b>Lehrformen</b> <i>a) Vorlesung, e-learning Module im Moodle; b) Übung</i>
<b>Prüfungsformen</b> <i>schriftliche Modulabschlussprüfung von 120 min</i>
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> <i>Bestehen der Klausur</i>
<b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen) <i>BSc. Chemie; BSc. Biochemie; MEd Chemie</i>
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> <i>nach CP gewichtet</i>
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> <i>A. Rosenhahn, W. Schuhmann, K. Tschulik</i>
<b>Sonstige Informationen</b>

## Biochemie I

<b>Biochemie I</b>					
Modul-Nr. 27	Credits 5 CP	Workload 150 h	Semester 5. Sem.	Turnus WS	Dauer 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> Biochemie I (184320, 184321)			<b>Kontaktzeit</b> 42 h	<b>Selbststudium</b> 108 h	<b>Gruppengröße</b> ca. 10 Teilnehmer

<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b>
keine, Vorkenntnisse aus der Einführung in die Biochemie sind aber dringend empfohlen
<b>Lernziele</b>
<p>Die Vorlesung vermittelt Kenntnisse über die molekularen und zellulären Funktionen von Proteinen, Lipiden und dem Stoffwechsel sowie über deren zelluläre Kompartimentierung und Regulation.</p> <p>Nach Abschluss der Vorlesung können die Teilnehmer die erlernten Kenntnisse auf die Regulation von Enzymen, Metabolismus, molekulare Motoren und auf Grundzüge der Signaltransduktion übertragen.</p>
<b>Inhalt</b>
<p>Die Vorlesung beschäftigt sich mit:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aminosäuren und Peptiden: allgemeine Struktur, Zusammensetzung, Vorkommen, Eigenschaften, Peptidbindung, Hierarchien in der Proteinstruktur, Ramachandran Diagramm, Kollagen-Tripelhelix</li> <li>• Faltung von Proteinen: nicht-kovalente schwache Wechselwirkungen, Faltung des Trypsininhibitors, Chaperone: GroEL und GroES</li> <li>• Aminosäure- und Proteinanalytik: Immunoblotting, zweidimensionale Elektrophorese, Affinitätschromatographie, Ultrazentrifugation, Gelchromatographie, Salzfällung</li> <li>• Enzymkinetik: Michaelis-Menten, enzymatische Katalyse, Mechanismen</li> <li>• Enzyme als Biokatalysatoren bieten für eine nachhaltige Chemie</li> <li>• Biologische Membranen: Membranlipide, Membranproteine, Glykoproteine</li> <li>• Transport durch biologische Membranen: erleichterte Diffusion, primäre und sekundäre Membrantransportsysteme, Ionophoren (Gramicidin)</li> <li>• Lipoproteine: Transport von Triacylglyceriden, LDL: Modell, Rezeptor, Endocytose, Recycling</li> <li>• Fettsäurestoffwechsel: Fettsäuresynthetase–Zyklus, Vergleich: Abbau/Biosynthese, Regulation, Energiebilanz</li> <li>• Arachidonsäurestoffwechsel: Prostaglandine, Prostacycline, Thromboxane II</li> <li>• Energiestoffwechsel: Glykolyse, Glukoneogenese, Pyruvat-Decarboxylase</li> <li>• Krebszyklus (Tricarbonsäurezyklus): Regulation, mitochondrialer Membrantransport</li> <li>• Membrangebundene ATP-Synthase: Protonengradient, Bakteriorhodopsin, Elektronentransport, mitochondriale Elektronentransportkette, ATPase: Rotationsmechanismus 3</li> <li>• Pentosephosphatweg: oxidativer und nicht oxidativer Zweig</li> <li>• Abbau von Aminosäuren: Transaminierung, Desaminierung, Harnstoffzyklus, Kopplung Harnstoffzyklus-Citratcyclus, Koordination des Stoffwechsels</li> </ul>
<b>Lehrformen</b>
Vorlesung mit Übung und begleitendem e-Learning-Modul
<b>Prüfungsformen</b>
Klausur
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b>
Bestehen der Klausur
<b>Verwendung des Moduls (in anderen Studiengängen)</b>
<b>Stellenwert der Note für die Endnote:</b>
nach CP gewichtet (5 CP)
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b>
T. Günther-Pomorski, S. Neumann, D. Wolters, D. Tapken, R. Stoll
<b>Sonstige Informationen</b>

## Biophysikalische Chemie

<b>Biophysikalische Chemie I</b>					
<i>Modul-Nr./-Kürzel</i>	<i>Credits</i> 5 CP	<i>Workload</i> 150 h	<b>Semester</b> 5. Sem.	<b>Turnus</b> nur WS	<i>Dauer</i> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung b) Übung			<b>Kontaktzeit</b> a) 2 SWS b) 1 SWS	<b>Selbststudium</b> 90 h	<b>Gruppengröße</b> 50 Studierende
<b>Teilnahmevoraussetzungen: Grundverständnis von Physikalischer Chemie und Biomolekülen</b>					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls: <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen Studierende experimentelle Techniken der biophysikalischen Chemie mit Schwerpunkt auf optischen und kalorimetrischen Methoden</li> <li>• können Studierende Konzepte der physikalischen Chemie auf biomolekulare Fallbeispiele anwenden</li> <li>• verstehen Studierende die Anwendungen sowie die Vor- und Nachteile der besprochenen Methoden</li> <li>• sichten und analysieren Studierende selbstständig Literatur</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> Einführung zum Thema Biomoleküle <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proteinstruktur</li> <li>• Molekulare Interaktionen</li> </ul> Konzepte <ul style="list-style-type: none"> <li>• Computergestützte Ansätze</li> <li>• Fluoreszenz (FRET, Fluoreszenzlebenszeit)</li> <li>• Strategien zur Fluoreszenzmarkierung</li> </ul> Techniken <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lichtmikroskopie (Fluoreszenz- Weitfeld/konfokale Mikroskopie, TIRF)</li> <li>• Hochauflösende Mikroskopie (STED, STORM/PALM, 2-Photonenmikroskopie)</li> <li>• Kalorimetrie (DSC, ITC, MST)</li> </ul>					
<b>Lehrformen</b> <i>Vorlesung, Übungen mit Aufgaben zum Selbststudium, Moodlekurs</i>					
<b>Prüfungsformen</b> <i>schriftliche Modulklausur (120 min)</i>					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> <i>Bestandene Modulklausur</i>					
<b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen) BSc. Biochemie, BSc. Chemie					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Nach CP gewichtet					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Prof. Dr. Simon Ebbinghaus					
<b>Sonstige Informationen</b>					

## Technische Chemie I

Technische Chemie I: Chemische Verfahrenstechnik					
Fortgeschrittene Theorie und Praxis des Wahlfaches					
<i>Modul-Nr./-Kürzel</i>	<i>Credits</i> 5 CP	<i>Workload</i> 150 h	<b>Semester</b> 5. Sem.	<b>Turnus</b> nur WS	<i>Dauer</i> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> Technische Chemie I: Chemische Verfahrenstechnik (V)			<b>Kontaktzeit</b> a) 2 SWS / 28 h b) 1 SWS / 14 h	<b>Selbststudium</b> 108 h	<b>Gruppengröße</b> Studierende, die das Wahlfach Technische Chemie belegen
<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b> Grundkenntnisse in Allgemeiner, Anorganischer, Organischer und Physikalischer Chemie					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> <u>Zielsetzung:</u> Nach Ende dieses Moduls sollen die Studierenden die Grundlagen der Reaktorauswahl und -auslegung, der Gestaltung und Auslegung von Wärme- und Stoffaustauschapparaten, der Berechnung von Druckverlusten sowie der Auslegung von Rektifikations- und Absorptionskolonnen beherrschen und einfache Probleme in diesen Bereichen selbstständig lösen können. Sie sollen die Grundlagen und apparative Ausgestaltung von Adsorptions- und Extraktionsanlagen sowie von Misch- und Filtrationsaggregaten kennen. <u>Kompetenzen:</u> Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, grundlegende technisch-chemische Fragestellungen zu verstehen und einfache fachspezifische Lösungsmöglichkeiten zu erarbeiten.					
<b>Inhalt</b> <b>Umsatzberechnung in idealen Reaktoren: Stoffbilanzen, Ableitung des Umsatzes unter vereinfachenden Nebenbedingungen (Idealität, Isothermie, etc.), ideale isotherme Reaktoren, Verweilzeitfunktionen idealer Reaktoren</b> <u>Einführung in die Systematik der Grundoperationen:</u> Begriffsbestimmung, kurzer Überblick <b>Strömungslehre: Bernoulli-, Kontinuitätsgleichung; Grundsituationen des Impulstransports, vom Newtonschen Reibungsgesetz zur Druckverlustgleichung, Strömungsprofile der laminaren Strömung/Hagen-Poiseuille, Reynoldszahl, Ähnlichkeitstheorie und Kriteriengleichungen, Berechnung von Druckverlusten; Pumpen und Pumpenkennlinien</b> <b>Mechanische Grundoperationen: Rühren – Grundprozesse und Grundgleichungen, apparative Ausführung; statische Mischer; Filtrieren – Grundprozesse, Grundformen, Filtergleichung, apparative Ausführungen; Mahlen und Brechen; Klassieren</b> <b>Wärme- und Stofftransport: Grundsituationen des Wärme- und Stofftransports; Transportgleichungen für molekulare Mechanismen sowie allgemeine Beschreibung, molekulare und allgemeine Intensitätsparameter, Ähnlichkeitstheorie, dimensionslose Kennzahlen, Ermittlung der Transportparameter über Kriteriengleichungen; Beispiele: Berechnung von Druckverlusten (Rohrströmung, Schüttung), Berechnung von Wärmetauschern, Höhe von Transfereinheiten in Füllkörperkolonnen</b> <u>Thermische Trennverfahren:</u> Rektifikation: Gleichgewichts- und Bilanzlinien im McCabe-Thiele-Diagramm, HTU-NTU-Konzept für Füllkörperkolonnen, Methoden der Vielstoffdestillation, Azeotrop- und Extraktivdestillation; Absorption: Gleichgewichts- und Bilanzlinien im McCabe-Thiele-Diagramm, praktische Aspekte von Absorptionsverfahren, Beispiele; Adsorption: Gleichgewichtsdarstellung, Adsorption als instationärer Prozess, Festbettadsorber, cyclische Adsorptionsbatterien, Druckwechseladsorption; Extraktion: Gleichgewichts- und Bilanzlinien im McCabe-Thiele-Diagramm (Nichtmischbarkeit von Lösungs- und Extraktionsmittel), Darstellung von Dreistoffsystemen im Dreiecksdiagramm, Polstrahlverfahren zur Bilanzierung von Extraktionsanlagen.					
<b>Lehrformen</b> a) Vorlesung; b) Übung					
<b>Prüfungsformen</b>					

Klausur
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestehen der Klausur
<b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen) Bachelor-Studiengänge der Chemie und Biochemie; Optionalbereich
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Nach CP gewichtet
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> M. Muhler, B. Mei
<b>Sonstige Informationen</b> Vorlesungsmaterialien werden über <i>moodle</i> -Kurse publiziert. Ein detailliertes Skript zur Vorlesung wird zur Verfügung gestellt.

## Theoretische Chemie I

Theoretische Chemie I: Grundlagen					
<i>Modul-Nr./-Kürzel</i>	<i>Credits</i> 5 CP	<i>Workload</i> 150 h	<b>Semester</b> 5. Sem.	<b>Turnus</b> Jedes WiSe	<i>Dauer</i> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Vorlesung b) Übung			<b>Kontaktzeit</b> a) 2 SWS / 28 h b) 1 SWS / 14 h	<b>Selbststudium</b> 105 h	<b>Gruppengröße</b> Ca. 20-30 Studierende
<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b>					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Die Teilnehmer erwerben Kenntnisse über die wichtigsten Methoden der Theoretischen Chemie in den Bereichen Elektronenstruktur, Molekülstruktur und Molekulardynamik. <u>Kompetenzen:</u> Über das Erlernen der Grundlagen der verschiedenen Methoden der Theoretischen Chemie hinaus erwerben die Studierenden die Fähigkeit, die jeweiligen Limitierungen und praktischen Einsatzmöglichkeiten der Methoden zu bewerten. Damit vermittelt diese Vorlesung auch insbesondere die nötigen Grundlagen für das Theoretisch-Chemische Praktikum im Folgesemester.					
<b>Inhalt</b> 1. <b>Born-Oppenheimer-Separation:</b> Schrödingergleichungen für Elektronen- und Kernbewegung, BO-Potentialflächen, Gültigkeit, nichtadiabatische Korrekturen 2. <b>Molekulardynamik:</b> Newton/Lagrange/Hamilton Formulierung, Grundbegriffe der Statistischen Mechanik, Boltzmannverteilung, freie Energien, Parameterisierungen von Kraftfeldern, kondensierte Materie, Eigenschaften von Integratoren, Trajektorien, Auswertung, statische Messgrößen, radiale Verteilungsfunktionen, Zeitkorrelationsfunktionen 3. <b>Vertiefung Theoretischer Grundlagen:</b> kanonische Quantisierung, Darstellungen, Hilbertraum, Ununterscheidbarkeit und Symmetrisierungspostulat, Drehimpulsformalismus und Spin, 4. <b>Rechenmethoden:</b> Variationsprinzip und Variationsverfahren (Grundzustand); Störungstheorie (nichtentartet, zeitunabhängig) 5. <b>Hartree-Fock-Theorie und Elektronenkorrelation:</b> LCAO Ansatz, Roothaan-Hall Gleichungen, (Standard-) Basissätze, Koopmans' Näherung, dynamische und nichtdynamische Elektronenkorrelation, Fermi-Korrelation, kurz- und langreichweitige Coulombkorrelation, Elektronencusp, Grundideen von Mehrdeterminantenansätzen (MCSCF, CI), Coupled Cluster (CC) Verfahren, Vielteilchenstörungstheorie (MP)					



<b>6. Dichtefunktionaltheorie:</b> Hohenberg-Kohn-Theoreme, Kohn-Sham-Verfahren, lokale Dichtenäherung und Gradientenkorrekturen, Hybridfunktionale.
<b>Lehrformen</b> a) Vorlesung (2 SWS) b) Übungen analytisch („Papier und Bleistift“) mit Präsentation der Ergebnisse und deren Diskussionen in Kleingruppen bzw. digital („hands-on“) im Computerlabor (1 SWS bzw. Blockkurs)
<b>Prüfungsformen</b> Mündliche oder schriftliche Abschlussprüfung gem. Ankündigung
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestehen der Abschlussprüfung
<b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen) Modul kann CP-relevant in den Studiengang B.Sc. Biochemie integriert werden entweder als „Spezialvorlesung (Theoretische Biochemie) im Schwerpunkt Biomolekulare Chemie“ oder als „Zusatzfach Chemie“
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Nach CP gewichtet
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> D. Marx, C. Hättig
<b>Sonstige Informationen</b> Modul kann CP-relevant in den Studiengang B.Sc. Biochemie integriert werden entweder als „Spezialvorlesung (Theoretische Biochemie) im Schwerpunkt Biomolekulare Chemie“ oder als „Zusatzfach Chemie“

## Nachhaltige Chemie I

Nachhaltige Chemie I					
<i>Modul-Nr./- Kürzel</i>	<i>Credits</i> 5 CP	<i>Workload</i> 150 h	<b>Semester</b> 3. Sem.	<b>Turnus</b> nur WS	<i>Dauer</i> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Gruppengröße</b>
f) Nachhaltige Chemie I (V)			f) 2 SWS	f) 30 h	Sämtliche Studierende des Fachsemesters, ≈80 Studierende
g) Nachhaltige Chemie I (P)			g) 4 SWS	g) 30 h	

<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b> Keine
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> <u>Zielsetzung:</u> Gegenstand des Moduls ist die Vermittlung grundlegender Konzepte der nachhaltigen Chemie. Die Studierenden können VI) die 12 „principles of green chemistry“ anwenden und anhand von Modelversuchen erklären VII) die grundlegende Theorie der verschiedenen Konzepte der nachhaltigen Chemie anwenden VIII) das Potenzial verschiedener Katalyseverfahren bewerten IX) die Vor- und Nachteile verschiedener Reaktionswege abwägen <u>Kompetenzen:</u> Nach Ende dieses Moduls können die Studierenden: IV) „Nachhaltige“ Prozesse zur Anwendung in der (chemischen) Industrie/Wertstoffkette beschreiben, Entwicklungstendenzen erkennen und einfache Probleme formalisieren bzw. quantitativ erfassen V) Konzepte der nachhaltigen Chemie im Kontext der Stoff- und Energieverbünde der Chemiewirtschaft bewerten VI) Im Team Herausforderungen der Chemie und einzelner Technologien experimentell untersuchen und die Erkenntnisse in Form eines Berichts präsentieren
<b>Inhalt</b> <u>Vorlesung und Praktikum (a) und b))</u> <b>Quantifizieren:</b> Energie, CO <sub>2</sub> , Ressourcen, Abfall in chemischen Reaktionen <b>Nachhaltigkeit:</b> Kontextualisieren, Sektorenkopplung, Ganzheitlichkeit, Korrosionsschutz <b>Kreisläufe und Flüsse:</b> Abtrennbarkeit, Wiederverwendbarkeit, Abfall, Ressourcengewinnung, Masseflüsse, Energieflüsse <b>Downstream-Bewertung:</b> Lösungsmittelaufbereitung, Energiekosten, Vergleich Verbrennung <b>Katalyse:</b> Grundlagen der Katalyse, homogene + heterogene Katalyse, Enzyme, Wiederverwendung, Katalyse und Nachhaltigkeit <b>Elektrolyse:</b> Potential und Ströme, Zellaufbau, Elektroden, Membranen, Störfaktoren, Korrosion <b>Photochemie:</b> Grundlagen, Aufbau, Photokatalyse <b>Mechanochemie:</b> Grundlagen, Mühlen
<b>Lehrformen</b> a) und b) Praktikumsversuche und Vorlesung im Wechsel Sprache: Deutsch
<b>Prüfungsformen</b> b) Klausur 90 min am Semesterende c) Teilnahme an den Praktikumsversuchen, Bestehen der Antestate und Abgabe der Protokolle zu den Versuchsdurchführungen.
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestehen der Klausur, erfolgreiche Teilnahme am Praktikum
<b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen) Chemie, Biochemie, 2-Fach Bachelorstudiengänge mit Chemie als einem Fach
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> nach CP gewichtet
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Prof. Dr. Bastian Mei, Prof. Dr. Lars Borchardt, Prof. Dr. Kristina Tschulik, Prof. Dr. Ulf Apfel
<b>Sonstige Informationen</b>

## Nachhaltige Chemie II

## Nachhaltige Chemie III

Nachhaltige Chemie III					
<i>Modul-Nr./-Kürzel</i>	<i>Credits</i> 5 CP	<i>Workload</i> 150 h	<b>Semester</b> 5. Sem.	<b>Turnus</b> nur WS	<i>Dauer</i> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> h) Nachhaltige Chemie III (V)			<b>Kontaktzeit</b> h) 4 SWS	<b>Selbststudium</b> h) 90 h	<b>Gruppengröße</b> Sämtliche im Fachsemester eingeschriebene Studierende, ca. 80 Studierende
<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b> Keine					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> <u>Zielsetzung:</u> Gegenstand des Moduls ist die Vermittlung grundlegender Kenntnisse: X) Techno-Ökonomische Analyse XI) Life-Cycle-Assessment XII) Kreislaufwirtschaft XIII) Alternativer Syntheserouten <u>Kompetenzen:</u> Nach Ende dieses Moduls sind Studierenden in der Lage: VII) Größenordnungen chemischer Verfahren und damit die Auswirkung von Energie- und Stoffströmen einzuschätzen VIII) Down- und Upstream-Prozesse, sowie Sektorverknüpfungen zu bewerten IX) Prozesse eigenständig zu analysieren und aufgrund vorhandener Daten deren Nachhaltigkeit einzuschätzen und kritische Faktoren in Prozessen zu benennen X) Erarbeitetes Wissen in einer Präsentation vorzustellen					
<b>Inhalt</b> <b>1. Teil: Vorlesung</b> <b>Techno-Ökonomische Analyse:</b> Kostenanalyse, Wirtschaftlichkeitsbewertung, Marktanalyse, Technologische Bewertung; <b>Life-Cycle-Assessment:</b> Ziel- und Untersuchungsrahmen, Sachbilanz, Wirkungsabschätzung, Auswertung und Interpretation; <b>Kreislaufwirtschaft:</b> Design für Wiederverwendung und Recycling, Ressourcenschonung und Effizienz, Geschäftsmodelle für Kreislaufwirtschaft, Regulatorische und politische Rahmenbedingungen; <b>Alternativer Syntheserouten:</b> Flowchemie, Photochemie, Mechanochemie; <b>Stoffe:</b> Wasserstoff, Kohlenstoffdioxid, Biomasse, Polymere; <b>2. Teil: Projektarbeit</b> Die Themen für die Projektarbeiten sind variable und orientieren sich an aktuellen, etablierten und vielversprechenden Verfahren. Hierbei werden von den Studierenden verschiedene Prozesse der chemischen Industrie analysiert, wobei die grundlegenden Aspekte der Vorlesung (Energie-, Ressourcenkosten, partial LCA, partial TÖA, Sektorenkopplung, soziökonomische Einbindung) angewandt werden.					
<b>Lehrformen</b> b) Vorlesungen, Lehrvideos, Vorträge Sprache: Deutsch					
<b>Prüfungsformen</b> d) Abgabe eines Projektberichts (70%) e) Präsentation des Projekts (30%)					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Abgabe des Projektberichts und erfolgreiche Präsentation vor Kommilitonen					
<b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen)					

<i>Chemie, Biochemie, 2-Fach Bachelorstudiengänge mit Chemie als einem Fach</i>
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> <i>nach CP gewichtet</i>
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> N.N
<b>Sonstige Informationen</b>

## Wahlpflichtpraktika

### Fachspezifische Wahlpflichtpraktika

## F-Synthesepraktikum in Anorganischer Chemie

<b>F-Synthesepraktikum in Anorganischer Chemie</b>					
Modul-Nr. 22	Credits 5 CP	Workload 150 h	Semester 5. Sem.	Turnus Nur WiSe	Dauer 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) F-Synthesepraktikum in Anorganischer Chemie			<b>Kontaktzeit</b> 130 SWS	<b>Selbststudium</b> 20 h	<b>Gruppengröße</b> Max. 40 Studierende
<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b> <i>Bestandenes anorganisch-chemisches Grundpraktikum und Organisch-chemisches Grundpraktikum</i>					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b>  Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>• können Studierende mehrstufige Synthesen (anorganische, organische, metallorganische und bioanorganische Präparate) eigenständig durchführen und mechanistisch interpretieren.</li> <li>• können Studierende sicherer mit der Vakuumtechnik, Schutzgastechnik, Trocknung von Lösungsmitteln sowie die Anwendung von spektroskopischen Methoden zur Strukturaufklärung (IR-, UV-, NMR-Spektroskopie, Massenspektrometrie), Chromatographie und Diffraktometrie (Pulver und Einkristall) umgehen.</li> <li>• können Studierende erworbene Fertigkeiten und Kenntnissen zum selbständigen Arbeiten in wissenschaftlichen Projekten nutzen.</li> </ul>					
<b>Inhalt</b> Themenverzeichnis: Hauptgruppenelemente, Übergangsmetalle, Elementorganik, Liganden, Cluster, Aggregate, Synthese von reaktiven und komplexen organischen Verbindungen, Anwendung analytischer Methoden zur Strukturaufklärung. Synthesemethoden: Vakuumtechnik, Schutzgastechnik (Schlenktechnik, Substanztransfer in einer Glovebox, Lösemitteltransfer unter Schutzgas, Filtration unter Schutzgas, Abfüllen von NMR-Proben unter Schutzgas), Aufreinigungstechniken: Säulenchromatographie, Umkristallisieren, Sublimation, fraktionierte Destillation und fraktionierte Kondensation, Umgang mit Gefahrstoffen, selbstentzündliche Reagenzien, Transfer mit Spritze und Septum, Umgang mit toxischen / carcinogenen Substanzen, Umgang mit geruchsbelästigenden Stoffen, im Mikromaßstab: Umgang mit potentiell explosiven Substanzen Charakterisierungsmethoden: NMR in Lösung und im Festkörper, Einkristall- und Pulverdifraktometrie, IR, UV/VIS.					
<b>Lehrformen</b>					

Projektarbeiten
<b>Prüfungsformen</b> 1. Sicherheitsgespräch am Beginn des Praktikums; 2. Sicherheits- und Eingangsgespräch vor jedem Versuch; 3. Synthese des Präparats (Ausbeute: min 50% der Literaturangabe?); 4. Dokumentieren der Versuchsdurchführung des Praktikumspräparats im Laborjournal 5. Anfertigung eines Versuchsprotokolls zu dem Praktikumspräparat
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Die erfolgreiche Durchführung der Laborpräparate, Anfertigung von schriftlichen Berichten zu den Praktikumspräparaten sowie die Teilnahme an dem Vorbereitungsseminar.
<b>Verwendung des Moduls (in anderen Studiengängen)</b>
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Nach CP gewichtet
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Dr. Klaus Merz Alle Dozent:innen der Anorganischen Chemie
<b>Sonstige Informationen</b>

## F-Synthesepraktikum in Organischer Chemie

F-Synthesepraktikum in Organischer Chemie					
Modul-Nr. 22	Credits 5 CP	Workload 150 h	Semester 5. Sem.	Turnus Einmal jährlich (nur Im WS)	Dauer 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) F-Synthesepraktikum in Organischer Chemie			<b>Kontaktzeit</b> 7 SWS / 105 h	<b>Selbststudium</b> 45 h	<b>Gruppengröße</b> Ca. 100 Studierende
<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b> Bestanden des Grundpraktikum in Organischer Chemie (für Biochemiker zusätzlich: Bestanden des Praktikum Bioorganische Chemie), Kenntnisse in Organischer Chemie, insb. sicherheitsrelevanter Aspekte					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"> <li>sind die Studierenden in der Lage, mehrstufige organisch chemische Synthesen eigenständig durchzuführen und mechanistisch zu interpretieren.</li> <li>besitzen Studierende die Fähigkeiten zum sicheren Umgang mit der Vakuumtechnik, Schutzgastechnik, Trocknung von Lösungsmitteln sowie der Anwendung von spektroskopischen Methoden zur Strukturaufklärung (IR-, UV-, NMR-Spektroskopie, Massenspektrometrie) und Chromatographie.</li> </ul> sind Techniken und Fertigkeiten in ihrer Vielfalt an Hand von didaktischen und forschungsrelevanten Präparaten erworben und vertieft worden. Das F-Praktikum für Synthesechemie soll den Übergang von den erworbenen Fertigkeiten und Kenntnissen in den präparativen Grundpraktika hin zum selbständigen Arbeiten in wissenschaftlichen Projekten ermöglichen.					
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Synthese von reaktiven und komplexen organischen Verbindungen in mehrstufigen Synthesen, Stereo- und enantioselektive Synthesen,</li> </ul>					

<ul style="list-style-type: none"> <li>– Anwendung analytischer Methoden zur Strukturaufklärung. (NMR, IR, UV/VIS, Dünnschichtchromatographie, Gaschromatographie, Massen-spektrometrie)</li> <li>– Synthesemethoden: Vakuumtechnik, Schutzgastechnik</li> <li>– Aufreinigungstechniken: Säulenchromatographie, Umkristallisieren, Sublimation, fraktionierte Destillation und fraktionierte Kondensation</li> </ul> <p>Umgang mit Gefahrstoffen, selbstentzündliche Reagenzien, Transfer mit Spritze und Septum, Umgang mit toxischen / carcinogenen Substanzen, Umgang mit geruchsbelästigenden Stoffen</p>
<b>Lehrformen</b> <i>Praktikum</i>
<b>Prüfungsformen</b> Sicherheitsgespräch am Beginn des Praktikums; Sicherheits- und Eingangsgespräch vor jedem Versuch, Synthese des Präparats (Ausbeute: min 50% der Literaturangabe); Skizzieren der Versuchsdurchführung des Praktikumspräparats im Laborjournal Anfertigung eines Versuchsprotokolls zu dem Praktikumspräparat
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Die erfolgreiche Anfertigung von schriftlichen Berichten zu den Praktikumspräparaten
<b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen) B.Sc. Chemie / B.Sc. Biochemie
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Nach CP gewichtet
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Prof. Dr. Lukas Goossen, Prof. Dr. Stefan Huber, Prof. Dr. Gerald Dyker, Prof. Dr. Frank Schulz, Prof. Dr. Christian Merten, Dr. Dirk Grote, Irina Graf
<b>Sonstige Informationen</b> keine

### Physikalisch-Chemisches F-Praktikum

Physikalisch-chemisches Praktikum für Fortgeschrittene					
<i>Modul-Nr./-Kürzel</i>	<i>Credits</i> 5 CP	<i>Workload</i> 150 h	<b>Semester</b> 6. Semester	<b>Turnus</b> WS	<i>Dauer</i> 1 Semester
<b>Modul:</b> Physikalisch-chemisches F-Praktikum			<b>Kontaktzeit</b> 5 SWS, 60 h	<b>Selbststudium</b> 90 h	<b>Gruppengröße</b> 30 – 60 Studierende

<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b>
1. Physikalische Chemie I oder Physikalische Chemie II 2. Physikalisch-chemisches Grundpraktikum
<b>Lernziele (learning goals)</b> Nach Ende des Praktikums sollen die Studierenden - ein fortgeschrittenes apparatives und theoretisches Verständnis wichtiger experimenteller Techniken der Physikalischen Chemie, wie sie in der Forschung zur Nachhaltigen Chemie verwendet werden, erworben haben. - in der Lage sein, eine die Genauigkeit einer durchgeführten Messung zu quantifizieren. - in der Lage sein, ein wissenschaftliches Experiment in einem schriftlichen Bericht darzustellen.
<b>Inhalt</b> Laser-induzierte Fluoreszenz-Spektroskopie, Infrarot-Spektroskopie, UV/VIS-Spektroskopie, Elektronenbeugung (LEED), Gitterenergie, Dipolmoment, Lasermikroskopie, Rasterkraftmikroskopie, Rasterelektronenmikroskopie, zeitaufgelöste Spektroskopie, u.a.
<b>Lehrformen</b> Antestat mit dem Versuchsbetreuer, Durchführung eines fortgeschrittenen Experimentes unter Anleitung eines Versuchsbetreibers
<b>Prüfungsformen</b> Antestat zu jedem Versuch, Anfertigung von schriftlichen Berichten zu jedem Versuch
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Erfolgreiche Teilnahme am Antestat zu jedem Versuch, erfolgreiche Anfertigung eines schriftlichen Berichtes zu jedem Versuch
<b>Verwendung des Moduls (in anderen Studiengängen)</b> B.Sc. Chemie, B.Sc. Nachhaltige Chemie, B.Sc. Biochemie, 2-Fach BA
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> unbenotet
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Dozenten der physikalischen Chemie
<b>Sonstige Informationen</b>

### Analytisch-chemisches F-Praktikum

Analytisch-chemisches F-Praktikum					
<i>Modul-Nr./-</i>	<i>Credits</i> 5 CP	<i>Workload</i> 164 h	<b>Semester</b> 6. Sem.	<b>Turnus</b> SoSe	<i>Dauer</i> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Analytisch-chemisches F-Praktikum b) Seminar zum Analytisch-chemischen F-Praktikum			<b>Kontaktzeit</b> a) 6 SWS/42 h b) 1 SWS/7 h	<b>Selbststudium</b> 115 h	<b>Gruppengröße</b> 30 Studierende

<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> 1. Leistungsnachweis Analytische Chemie II oder Methoden der Strukturaufklärung oder Nachhaltige Chemie I 2. Leistungsnachweis Analytisch-chemisches Grundpraktikum
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> <u>Zielsetzung:</u> Nach Ende dieses Moduls besitzen Studierende ein fortgeschrittenes apparatives und theoretisches Verständnis der Praxis sowie der möglichen umweltrelevanten analytischen Anwendungsbereiche wichtiger Methoden der Oberflächenanalytik, Elektroanalytik und Sensorik.  <u>Kompetenzen:</u> Die Studierenden erwerben theoretische und praktische Kenntnisse im Bereich der modernen instrumentellen Analytik. Darüber hinaus erwerben sie fundierte fortgeschrittene Kenntnisse in der Auswertung und Bewertung von Analysemethoden.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Analytische Trennverfahren: Hochleistungsflüssigchromatographie (HPLC)</li> <li>– Molekülspektroskopie und Strukturanalytik: Atomabsorptionsspektroskopie (AAS), Kernspinresonanzspektroskopie (NMR), Massenspektrometrie (MS), Oberflächenplasmonenresonanzspektroskopie (SPR)</li> <li>– Elektroanalytik: Zyklische Voltammetrie (CV), Elektrochemische Quarzkristallmikrowaage (EQCM)</li> </ul>
<b>Lehrformen</b> i) Praktikum ii) Seminar
<b>Prüfungsformen</b> Sicherheits- und Eingangskolloquien vor den Versuchen, Überprüfung der Ergebnisse der Analysen sowie Versuchsprotokolle.
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Erfolgreiche Durchführung der Praktikumsaufgaben und Anfertigung von schriftlichen Berichten zu den Praktikumsaufgaben.
<b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen) BSc. Biochemie; BSc. Chemie
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> nach CP gewichtet
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> A. Rosenhahn, K. Tschulik
<b>Sonstige Informationen</b>

## Biochemisches Praktikum

Biochemisches Praktikum					
Modul-Nr. 27	Credits 5 CP	Workload 150 h	Semester 6. Sem.	Turnus SoSe	Dauer 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> Biochemisches Praktikum (180620)			<b>Kontaktzeit</b> 56 h	<b>Selbststudium</b> 94 h	<b>Gruppengröße</b> ca. 10 Teilnehmer



<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b> keine
<b>Lernziele</b> Im Praktikum lernen die Teilnehmer grundlegende biochemische und molekularbiologische Techniken. Nach Abschluss des Praktikums können die Teilnehmer selbständig biochemische Versuche nach Versuchsskript durchführen und in zum Verständnis ausreichender Detailtiefe protokollieren und auswerten.
<b>Inhalt</b> Vor dem Praktikum findet eine Sicherheitsunterweisung statt, in der Kenntnisse zur Arbeitssicherheit im biochemischen Labor, zum Umgang mit Gefahrstoffen und deren Entsorgung vermittelt werden. Dabei werden auch auf eine Minimierung der Umweltbelastung und Schonung der Ressourcen hingewiesen. Im Praktikum werden sieben Versuche durchgeführt: <ul style="list-style-type: none"> <li>i) BA-1: Isolierung von <math>\alpha</math>-Lactalbumin aus Rohmilch</li> <li>ii) Fraktionierte Fällung von Milchproteinen</li> <li>iii) Weitere Aufreinigung des <math>\alpha</math>-Lactalbumins durch Gelfiltrationschromatographie</li> <li>iv) BA-2: Untersuchung von <math>\alpha</math>-Lactalbumin</li> <li>v) Bestimmung der Proteinmenge in den Fraktionen der Gelfiltration aus BA-1</li> <li>vi) Analyse der Fällungsschritte und der Fraktionen der Gelfiltration aus BA-1 durch SDS-Polyacrylamid-Gelelektrophorese</li> <li>vii) BA-3: Isolierung von Phospholipasen aus Pflanzen und deren Analyse mittels fluoreszierender Lipide</li> <li>viii) Isolierung von Phospholipasen aus Weizenkeimlingen</li> <li>ix) Verdau von Lipiden mit Phospholipasen</li> <li>x) Dünnschichtchromatographische Auftrennung der verdauten Lipide</li> <li>xi) BA-5: Charakterisierung von Urease</li> <li>xii) Bestimmung der Ureasekonzentration</li> <li>xiii) Messung der Enzymaktivität der Urease mit einem gekoppelten optischen Test</li> <li>xiv) MA-2: Isolierung von Glykogen aus Leber</li> <li>xv) Trennung von Cytoplasma und Kernen aus eukaryotischen Zellen</li> <li>xvi) Isolierung und Aufreinigung von cytoplasmatischer und nukleärer RNA</li> <li>xvii) Analyse der isolierten RNA durch Gelelektrophorese und RT-PCR</li> <li>xviii) MA-3: Isolierung und PCR-RFLP-Analyse von DNA zum Tierartennachweis in Lebensmitteln</li> <li>xix) Isolierung und Aufreinigung von DNA aus Lebensmittelproben</li> <li>xx) Analyse der isolierten DNA durch PCR mit anschließender Restriktionsanalyse und Gelelektrophorese</li> <li>xxi) MA-5: ATP-Bestimmung mittels Luciferase-Assay</li> <li>xxii) Herstellung eines Lysats aus HEK-Zellen</li> <li>xxiii) Analyse der Kinetik des ATP-Abbaus mittels Luciferase-Assay</li> </ul>
<b>Lehrformen</b> Praktikum
<b>Prüfungsformen</b> Antestat, Versuchsdurchführung, Versuchsprotokoll
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bestehen des Antestats, der Versuchsdurchführung und des Versuchsprotokolls für alle sieben Versuche
<b>Verwendung des Moduls (in anderen Studiengängen)</b>
<b>Stellenwert der Note für die Endnote:</b> unbenotet (5 CP)

<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> T. Günther-Pomorski, S. Neumann, D. Wolters, D. Tapken, R. Stoll
<b>Sonstige Informationen</b>

## Technisch-chemisches Praktikum

<b>Technisch-chemisches Praktikum</b> Fortgeschrittene Theorie und Praxis des Wahlfaches					
<i>Modul-Nr./- Kürzel</i>	<i>Credits</i> 4 CP	<i>Workload</i> 120 h	<b>Semester</b> 6. Sem.	<b>Turnus</b> nur SoS	<i>Dauer</i> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b> Technisch-chemisches Praktikum (P)			<b>Kontaktzeit</b> a) 6 SWS / 90 h b) 1 SWS / 15 h	<b>Selbststudium</b> 15 h	<b>Gruppengröße</b> 16 Praktikumsplätze
<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b> Leistungsnachweise für <i>Grundlagen der Technischen Chemie</i> oder <i>Technische Chemie I: Chemische Verfahrenstechnik</i>					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> <u>Zielsetzung:</u> Nach Abschluss dieses Moduls sollen die Studierenden wichtige Grundoperationen der Trenntechnik, der Wärme-, Stoff- und Impulsübertragung sowie die idealen Reaktoren aus eigener Anschauung kennen. Sie sollen die Grundlagen der Reaktorwahl und -auslegung, der Gestaltung und Auslegung von Wärme- und Stoffaustauschapparaten, der Berechnung von Druckverlusten sowie der Auslegung von Rektifikations- und Absorptionskolonnen sicher beherrschen, anwenden und auch komplexere Anwendungsfälle zutreffend diskutieren können. <u>Kompetenzen:</u> Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, mit Stofftrennanlagen (u.a. Destillation, Absorption) und Wärmetauschern im größeren Labormaßstab umzugehen. Sie stärken ihre Kompetenz, Ergebnisse von Experimenten hinsichtlich ihrer Aussagekraft zu bewerten, experimentelle Unregelmäßigkeiten zu erkennen, ihre Ergebnisse vor Kolleginnen und Kollegen vorzutragen und zu diskutieren.					
<b>Inhalt</b> 1. Rektifikation: Bestimmung der theoretischen Trennstufenzahl einer Kolonne, Lösung einer Trennaufgabe durch Realisierung eines vorausberechneten Rücklaufverhältnisses, Seminar: McCabe-Thiele-Diagramm (vertieft), Eigenschaften realer Böden 2. Extraktion von Benzoesäure aus wässriger Lösung durch Cyclohexan in einer Mixer-Settler-Batterie, Seminar zu Phasengleichgewicht, Auslegung der Extraktion im McCabe-Thiele Diagramm und nach Nash und Hunter 3. Prinzipien der Strömungsmesstechnik: Normblende, Kapillar-Strömungsmessern Massendurchflussregler, Rotameter, Seminar: Strömungstechnische Grundlagen der Messverfahren 4. Wärmeübergang: Doppelrohrwärmetauscher, Seminar: Arbeit mit dem VDI-Wärmeatlas 5. Filtration: Ermittlung von Konstanten der Filtergleichung, Seminar: Mechanische Trennprozesse 6. Verweilzeitverteilung in idealen Reaktoren: Impuls- und Sprungantwort in CSTR, Strömungsrrohr, Kaskade, Seminar zu Verweilzeitverteilungen idealer Reaktoren					

<p>7. Umsatz in idealen Reaktoren: Kinetik einer Esterhydrolyse in Satzreaktor, CSTR, Kaskade und Strömungsröhr, Umsatzberechnung auch unter Einsatz der Verweilzeitfunktion, Seminar zur Umsatzberechnung</p> <p>8. Wirbelschicht: Ermittlung der Fluidisierungsgeschwindigkeit und der Wärmeaustauscheigenschaften einer Wirbelschicht, Seminar: Reaktionstechnisches Potenzial von stationären und instationären Wirbelschichten</p> <p>9. Adsorption: Durchbruchskurve und Desorptionscharakteristik eines Festbettadsorbers, Seminar: Adsorptionsisotherme und Durchbruchskurve</p> <p>10. Absorption: Bestimmung der Austauschfläche eines Absorbers durch den Umsatz einer schnellen, bei bekannter Phasengrenzfläche unabhängig charakterisierten Reaktion, Seminar: Reaktionen über die fluid-fluid-Phasengrenze</p>
<p><b>Lehrformen</b> a) Praktikum; b) Seminar</p>
<p><b>Prüfungsformen</b> Aktive Teilnahme</p>
<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Testierung einer vorgeschriebenen Zahl von Versuchsprotokollen, Halten einer Präsentation</p>
<p><b>Verwendung des Moduls</b> Bachelor-Studiengang Chemie</p>
<p><b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Nach CP gewichtet</p>
<p><b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> B. Mei, M. Muhler</p>
<p><b>Sonstige Informationen</b> Praktikumsunterlagen werden über <i>moodle</i>-Kurse publiziert</p>

### Theoretisch-chemisches Praktikum

Theoretisch-Chemisches Praktikum					
<i>Modul-Nr./-Kürzel</i>	<i>Credits</i> 4 CP	<i>Workload</i> 120 h	<b>Semester</b> 6. Sem.	<b>Turnus</b> Jedes SoSe	<i>Dauer</i> 1 Semester
<p><b>Lehrveranstaltungen</b> Grundlagenpraktikum der Theoretischen Chemie im Computerlabor („Theoretikum“) mit integriertem Seminar</p>			<p><b>Kontaktzeit</b> 6 SWS / 60 h</p>	<p><b>Selbststudium</b> 60 h</p>	<p><b>Gruppengröße</b> Ca. 10-20 Studierende</p>

**Teilnahmevoraussetzungen:**

Erfolgreiche Teilnahme an der das Praktikum vorbereitenden Lehrveranstaltung „Theoretische Chemie I: Grundlagen“ (sowie der vorausgehenden Pflichtvorlesung „Theorie der Chemischen Bindung“)

**Lernziele (learning outcomes)**

Zielsetzung: Die Absolventen lernen, mit Programmpaketen Standardprobleme aus den Bereichen Elektronen- und Molekülstruktur sowie Molekulardynamik zu bearbeiten sowie Aufwand, Genauigkeit und Grenzen verschiedener Methoden zu beurteilen. Darüber hinaus werden sie befähigt, einfache Programmieraufgaben zu lösen und sich selbständig Themen aus der Fachliteratur zu erarbeiten.

Kompetenzen: Die Teilnehmer erwerben die Fähigkeit, grundlegende Anwendungen aus der Computerchemie selbständig durchzuführen, die Ergebnisse darzustellen und kritisch zu beurteilen, sowie die zu erwartende Genauigkeit und Limitierungen der jeweiligen Methoden einzuschätzen. Die Visualisierung und Auswertung der Ergebnisse komplexer Berechnungen sowie das Erlangen von Grundkenntnissen in Linux sind weitere erworbene Kompetenzen.

**Inhalt**

Das Praktikum umfasst vier ungefähr gleichgewichtige Teilbereiche. In den Blöcken „Quantenchemie (QC)“ und „Molekulardynamik (MD)“ sollen die in der Vorlesung behandelten Methoden praktisch angewendet werden. Eine „Programmiernaufgabe“ soll an die selbständige Methodenentwicklung als einen wichtigen Teilbereich der Theoretischen Chemie heranführen und in dem Block „Theoretische Grundlagen“ ein über die Vorlesung hinausgehendes Grundlagenwissen selbständig erarbeitet werden.

**1. Quantenchemische Rechnungen:** Geometrieoptimierung von Molekülen, Hartree-Fock (HF) und Dichtefunktionalmethoden (DFT), wellenfunktionsbasierte Korrelationsmethoden (z.B. CI, CC, MP2, MCSCF), Methodenvergleich, Berechnung von Potentialflächen, Bestimmung von Gleichgewichtsstrukturen und Übergangszuständen, Analyse und Visualisierung der elektronischen Struktur, IR-Spektren in harmonischer Näherung, Berechnung von elektronisch angeregten Zuständen

**2. Molekulardynamik:** Car-Parrinello ab initio MD Simulation der Protonenwanderung in Wasser (Grotthuss-Mechanismus der Strukturdiffusion), Anwendung von molekülmechanischen Kraftfeldern (MM) in klassischer MD zur Simulation eines Proteins in Wasser, Analyse von Trajektorien in Ort und Zeit

**3. Programmieraufgabe:** Entwicklung eines einfachen Computerprogramms (z.B. in Fortran oder C unter Verwendung von Bibliotheksroutinen) zur numerischen Integration von Bewegungsgleichungen in MD Simulationen

**4. Theoretische Grundlagen:** z.B. Symmetrieanalyse von Schwingungsspektren (Gruppentheorie), Spinzustände von Mehrelektronensystemen (CI)

**Lehrformen**

Praktische Computerchemie im „virtuellen Labor“ von der Theorie zum Ergebnis: Nutzung von Programmpaketen, die auch in der aktuellen Forschung genutzt werden, um selbstständig unter qualifizierter Anleitung Standardprobleme aus den Bereichen Elektronen- und Molekülstruktur sowie Molekulardynamik auf leistungsfähigen Servern einschliesslich modernster Visualisierung zu bearbeiten. Selbstständige Entwicklung unter qualifizierter Anleitung eines einfachen Computerprogramms in einer Programmiersprache freier Wahl mit einer Pilotanwendung. Verfassen von schriftlichen Versuchsprotokollen und Besprechung bzw. Diskussion der dargestellten Ergebnisse im integrierten Seminar.

**Prüfungsformen**

Qualifizierte schriftliche Versuchsprotokolle für jeden Versuch

**Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten**

Testierung der rechtzeitig eingereichten schriftlichen Versuchsprotokolle

<b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen) Modul kann CP-relevant in den Studiengang B.Sc. Biochemie integriert werden als „Theoretisch-Biochemisches Praktikum zur Spezialvorlesung (Theoretische Biochemie bzw. Theoretische Chemie I: Grundlagen im 5. Semester) im Schwerpunkt Biomolekulare Chemie“
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Nach CP gewichtet
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> L. Schäfer zusammen mit J. Behler, C. Hättig, D. Marx und anderen Dozenten der Theoretischen Chemie
<b>Sonstige Informationen</b> Multimedial aufbereitete Unterlagen auf der Homepage dieses Praktikums innerhalb den Seiten „Lehre“ des Lehrstuhls für Theoretische Chemie zusammen mit digitalen Inhalten z.B. zu numerischen Techniken, theoretischen Methoden, Referenzdaten und Forschungsliteratur.  Modul kann CP-relevant in den Studiengang B.Sc. Biochemie integriert werden als „Theoretisch-Biochemisches Praktikum zur Spezialvorlesung (Theoretische Biochemie bzw. Theoretische Chemie I: Grundlagen im 5. Semester) im Schwerpunkt Biomolekulare Chemie“

## Zusätzliche Wahlpraktika

## Forschendes Lernen

## Teaching Assistant

Lehren lernen im Chemielabor					
<i>Modul-Nr./-Kürzel</i>	<i>Credits</i> 5 CP	<i>Workload</i> 150 h	<b>Semester</b> 5./6. Sem.	<b>Turnus</b> SS und WS	<i>Dauer</i> 1 Semester
<b>Lehrveranstaltungen</b>			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Gruppengröße</b>
c) Seminar Lehren lernen fürs Chemielabor (S)			c) 1 SWS	e) 15 h	ca. 15 Studierende
d) Lehren lernen im Chemielabor (P)			d) 6 SWS	f) 30 h	

<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b> Keine
<b>Lernziele (learning outcomes)</b> <u>Zielsetzung:</u> Gegenstand des Moduls ist die Vermittlung grundlegender bzw. erweiterter Kenntnisse zu: V) Bildung für nachhaltige Entwicklung VI) Rolle und Haltung einer Lehrperson im Lehr-Lern-Kontext VII) Lernzielen im Labor VIII) Umgang mit Gruppendynamik IX) Lernprinzipien X) Formen des Feedbacks  <u>Kompetenzen:</u> Nach Ende dieses Moduls können die Studierenden: V) Lernprozesse von einzelnen Lernenden und Kleingruppen im Chemielabor erkennen, bewerten und hinsichtlich deren Förderung handeln VI) ihr eigenes Handeln als Lehrperson reflektieren
<b>Inhalt</b> <b>Bildung für nachhaltige Entwicklung:</b> BNE als ganzheitliches Bildungskonzept, komplexe Sachverhalte erfassen und mit Zielkonflikten umgehen, Förderung mehrperspektivischer Betrachtungsweisen, Förderung systemischen Denkens, des Umgangs mit Komplexität und Unsicherheit; partizipative und kooperative Arbeitsweisen, ziel- und zeitdifferente Lernformen <b>Rolle und Haltung im Lehr-Lern-Kontexte:</b> Rollenverständnis, Art und Weise der Kommunikation, professionelle Beziehungsgestaltung, Gestaltung des Lehr-Lern-Settings <b>Taxonomie der Lernziele:</b> kognitive Lernziele und psychomotorische Prozesse <b>Umgehen mit Gruppendynamik:</b> Gruppendynamik nach Tuckman, Gruppenkohärenz, Zielkorridore, gruppenbezogene Lernfortschritte <b>Lernprinzipien:</b> Wie Lernen Wir?, Lernen und Emotionen, Lernerfolg <b>Formen des Feedbacks:</b> Rückmeldung zum Lernprozess, zentrale Feedbackdimensionen, Feedbackebenen, Prinzip der minimalen Hilfe
<b>Lehrformen</b> c) Seminar d) Praktikum Sprache: Deutsch
<b>Prüfungsformen</b> a) Teilnahme an Sicherheitsveranstaltungen und Teilnahme am Seminar b) erfolgreiche Betreuung der Praktikumsversuche, Abgabe der Protokolle zur Praktikumsbetreuung
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Erfolgreiche Teilnahme am Praktikum und Seminar
<b>Verwendung des Moduls</b> (in anderen Studiengängen) Chemie, Biochemie
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> nach CP gewichtet
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> tbd
<b>Sonstige Informationen</b>

## Bachelor-Arbeit

<b>Bachelor-Arbeit in Chemie</b>					
Modul-Nr. 30	Credits 12 CP	Workload 360 h	Semester 6. Sem.	Turnus	Dauer 3 Monate
<b>Lehrveranstaltungen</b> a) Praktische Labortätigkeit b) Schriftliche Hausarbeit			<b>Kontaktzeit</b>	<b>Selbststudium</b>	<b>Gruppengröße</b>
<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b>					
<b>Lernziele (learning outcomes)</b>  Die Bachelor-Arbeit ist eine schriftliche Hausarbeit, basierend auf praktischer experimenteller Tätigkeit und ist weiterführend angelehnt an eines der F-Praktika. Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls <ul style="list-style-type: none"><li>können Studierende innerhalb einer vorgegebenen Frist einen wissenschaftlichen Befund erheben, darstellen und auswerten.</li></ul>					
<b>Inhalt</b> Das Thema der Bachelor-Arbeit ist weiterführend angelehnt an eines der F-Praktika. Die Arbeit muss zu einer Veranstaltung des Teils II des Basis-Studiums angefertigt werden. Chemisch-orientierte Bachelor-Arbeiten müssen zu einem Themenbereich aus einem der folgenden Praktika angefertigt werden: F-Praktikum für Synthesechemie, Physikalisch-chemisches F-Praktikum, Analytisch-chemisches F-Praktikum, Biochemisches Praktikum, Technisch-chemisches Praktikum oder Theoretisch-chemisches Praktikum.					
<b>Lehrformen</b> Experimentelle Projektarbeit, schriftliche Hausarbeit					
<b>Prüfungsformen</b> Bewertung der Bachelorarbeit durch zwei Gutachter					
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten</b> Bewertung durch die zwei Prüfer/innen mit „ausreichend“ oder besser					
<b>Verwendung des Moduls (in anderen Studiengängen)</b> Studiengang BSc Biochemie					
<b>Stellenwert der Note für die Endnote</b> Nach CP gewichtet					
<b>Modulbeauftragte/r und hauptamtlich Lehrende</b> Im B. Sc.-Studiengang Chemie tätige Hochschullehrer/innen und wissenschaftliche Mitarbeiter/innen					
<b>Sonstige Informationen</b>					