

# MODULHANDBUCH: Masterstudiengang Chemie

## Kernbereiche:

§ 9 Abs. (4): Aus den Kernbereichen K1 bis K3 müssen mindestens sechs Module bestanden werden. Dabei muss aus jedem Bereich ein Modul und aus zweien je ein weiteres erfolgreich abgeschlossen werden. Das sechste Pflichtmodul ist aus den drei Bereichen frei wählbar, sodass abschließend entweder aus jeden Bereich zwei Module belegt werden (2 + 2 + 2) oder sich eine selbst gewählte Aufteilung von 3 zu 2 zu 1 ergibt (3 + 2 + 1)

## Kernbereich K1: Synthetische Chemie

[K1.1] <i>Chemical Synthesis of Natural Products</i>	Chemische Naturstoffsynthese	Wahlpflichtmodul im Kernbereich K1	7 CP (insg.) = 210 h				4 SWS
			Kontaktstudium 4 SWS / 60 h		Selbststudium 150 h		
<b>Inhalte</b>							
Die chemischen Totalsynthesen typischer Alkaloide (Papaverin, Reserpin, Aspidospermidin, Hirsutin) und Polyketide (Erythromycin, FK 506, Epothilon) werden ausführlich diskutiert. Die Vorlesung geht vom methodischen Wissen des Bachelor-Curriculums aus und erweitert dieses systematisch. Ein Schwerpunkt dabei ist die Entwicklung moderner stereoselektiver Methoden und deren Einfluß auf mögliche Synthesekonzepte. So kann man Polyketide nicht nur durch Aldolreaktionen, sondern auch durch Crotyl-Übertragungen, 1,3-dipolare Cycloadditionen und enantioselektiv katalysierte Reaktion von Ketenen mit Aldehyden erhalten. Fragen zum Sinn und Wert von Totalsynthesen sowie ein Vergleich unterschiedlicher Synthesestrategien (linear versus konvergent; zielgerichtet versus diversitätsorientiert) runden die Veranstaltung ab.							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
Die chemischen Totalsynthesen typischer Alkaloide (Papaverin, Reserpin, Aspidospermidin, Hirsutin) und Polyketide (Erythromycin, FK 506, Epothilon) werden ausführlich diskutiert. Die Vorlesung geht vom methodischen Wissen des Bachelor-Curriculums aus und erweitert dieses systematisch. Ein Schwerpunkt dabei ist die Entwicklung moderner stereoselektiver Methoden und deren Einfluß auf mögliche Synthesekonzepte. So kann man Polyketide nicht nur durch Aldolreaktionen, sondern auch durch Crotyl-Übertragungen, 1,3-dipolare Cycloadditionen und enantioselektiv katalysierte Reaktion von Ketenen mit Aldehyden erhalten. Fragen zum Sinn und Wert von Totalsynthesen sowie ein Vergleich unterschiedlicher Synthesestrategien (linear versus konvergent; zielgerichtet versus diversitätsorientiert) runden die Veranstaltung ab.							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
Keine							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Keine							
<b>Organisatorisches</b>							
Die Bearbeitung der Übungsaufgaben, sowie die regelmäßige Teilnahme an den Übungen wird dringend empfohlen.							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		M.Sc. Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		M.Sc. Biochemie / FB14					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Einmal im Jahr (im Sommersemester)					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Prof. M. Göbel					
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>		Keine					
<b>Leistungsnachweise</b>		Keine					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Deutsch					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>		Schriftliche Abschlussprüfung (Klausur 150 Min.)					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Chemische Naturstoffsynthese	V	3		5		
	Chemische Naturstoffsynthese	Ü	1		2		
	SUMME		4		7		

<b>[K1.2]</b> <i>Highlights of Organic Chemistry and Chemical Biology</i>	<b>Highlights der Organischen Chemie und Chemischen Biologie</b>	<b>Wahlpflichtmodul im Kernbereich K1</b>	<b>4 CP (insg.) = 120 h</b>				<b>2 SWS</b>
			<b>Kontaktstudium 2 SWS / 30 h</b>		<b>Selbststudium 90 h</b>		
<b>Inhalte</b>							
Im Turnus von ein bis zwei Wochen werden frisch erschienene Publikationen ausgewählt, die als Vorbereitung zu lesen sind. Im Seminar diskutieren die Studierenden unter Anleitung an der Tafel Schritt für Schritt die sich aus der Publikation ergebenden Fragen. Themen sind meist Naturstoffsynthesen mittlerer Komplexität sowie weitere Arbeiten aus allen Bereichen der organischen Chemie. Die Auswahl erfolgt so, dass neben den Standardverfahren speziell auch aktuelle Methoden vermittelt werden können (z.B. Gold-Katalyse, Photoredoxkatalyse, Multikomponentenreaktionen etc.). Der vorherige Besuch der Module „Chemische Naturstoffsynthese“ und „Fortgeschrittene Organische Chemie“ ist anzuraten, weil dadurch der wöchentliche Aufwand zur Vorbereitung verringert werden kann.							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
Die Studierenden erweitern ihr theoretisches Wissen durch das Lesen aktueller Literatur und üben, dieses zur Lösung chemischer Probleme einzusetzen. Das vertiefte Verständnis von Reaktionen und deren Selektivität hilft den Studierenden, später eigene Synthesen, wie sie im Rahmen von Master- und Doktorarbeiten anfallen, kreativ zu planen und erfolgreich umzusetzen. Auch ist das Verstehen der laufenden Literatur Übungssache und bildet eine wesentliche Voraussetzung für das selbständige wissenschaftliche Arbeiten.							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
Keine							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Modul „Chemische Naturstoffsynthese“ oder Modul „Fortgeschrittene Organische Chemie“							
<b>Organisatorisches</b>							
Die einzelnen Veranstaltungstermine finden in Form eines Kolloquiums statt.							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>			M.Sc. Chemie / FB14				
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>			M.Sc. Biochemie / FB14				
<b>Häufigkeit des Angebots</b>			Jedes Semester				
<b>Dauer des Moduls</b>			1 Semester				
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>			Prof. M. Göbel				
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>			Regelmäßige und aktive Teilnahme				
<b>Leistungsnachweise</b>			Keine				
<b>Lehr- / Lernformen</b>			Seminar				
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>			Deutsch				
<b>Modulprüfung</b>			<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>				
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>			Mündliche Beteiligung (zu Beginn der Lehrveranstaltung werden die Kriterien der Bewertung erläutert)				
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		IV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
Highlights der OCCB		S	2	4			
SUMME			2	4			

[K1.3] <i>Homogeneous Catalysis</i>	Homogene Katalyse	Wahlpflichtmodul im Kernbereich K1	5 CP (insg.) = 150 h				4 SWS
			Kontaktstudium 3 SWS / 45 h		Selbststudium 105 h		
<b>Inhalte</b>							
Homogene Katalyse durch Übergangsmetallkomplexe; Katalysatordesign; mechanistische Grundlagen und synthetische Anwendungen: Oxidationskatalyse (Wacker-Verfahren, Epoxidierungen etc.); allylische Alkylierungen; Pd-katalysierte Kreuzkupplungsreaktionen (Suzuki-/Negishi-Kupplungen etc.); Kohlenstoff-Heteroatom-Kupplungen; Olefin-Metathese-Reaktionen; Carbonylierungsreaktionen (Monsanto-Prozess, Hydroformylierung); Polymerisationsverfahren (Darstellung von Polyketonen, Ziegler-Natta-Polymerisation, ROMP, ATRP, RAFT-Polymerisation)							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
Die Studierenden lernen die komplexchemischen Feinheiten homogener Katalysatoren, die wichtigsten Katalysatortypen und Reaktionsmechanismen kennen und verstehen sie bis zu einem Grad, der die selbstständige Planung von Synthesen ermöglicht.							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
Keine							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Keine							
<b>Organisatorisches</b>							
Prüfungsform wird zu Beginn der Veranstaltung festgelegt. Bei kleiner Teilnehmerzahl wird eine mündliche Abschlussprüfung angesetzt.							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		M.Sc. Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		Keine					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Einmal im Jahr (im Sommersemester)					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Prof. M. Wagner					
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>		Keine					
<b>Teilnahmenachweise</b>		Keine					
<b>Leistungsnachweise</b>		Keine					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Deutsch					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>		Schriftliche (Klausur 180 Min.) oder mündliche (30 Min.) Abschlussprüfung					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Homogene Katalyse	V	4		5		
	SUMME		4		5		

## Kernbereich K2: Spektroskopie und Strukturaufklärung

<b>[K2.1]</b> <i>X-ray structure analysis</i>	<b>Röntgenstrukturanalyse</b>	<b>Wahlpflichtmodul im Kernbereich K2</b>	<b>5 - 7 CP (insg.) = 150 - 210 h</b>				<b>3 - 5 SWS</b>
			<b>Kontaktstudium</b>	<b>Selbststudium</b>			
			3 - 5 SWS /	105 - 135 h			
			45 - 75 h				
<b>Inhalte</b>							
<p><u>Vorlesung &amp; Übung:</u> Beugung von Röntgenstrahlen am Kristallgitter; Kristallsymmetrie; Methoden zur Lösung des Phasenproblems; Ablauf einer Röntgenstrukturanalyse (Datensammlung, Datenreduktion, Strukturlösung und -verfeinerung); Bestimmung der absoluten Konfiguration; Interpretation der Ergebnisse; kristallographische Datenbanken; weitere aktuelle Themen</p> <p><u>Praktikum:</u> (optional) Benutzung kristallographischer Programme; Durchführung einer Röntgenstrukturanalyse; Darstellung und Interpretation der Ergebnisse; Vergleich mit publizierten Kristallstrukturen</p> <p><i>Die Vorlesung ist verpflichtend, das Praktikum ist optional.</i></p>							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
<p><u>Vorlesung &amp; Übung:</u> Die Studierenden lernen die theoretischen Grundlagen der Röntgenstrukturanalyse (inkl. Kristallsymmetrie) sowie den Ablauf einer Röntgenstrukturanalyse kennen und verstehen die dafür erforderlichen Methoden. Nach der Vorlesung sind sie in der Lage, die Ergebnisse sachkundig zu interpretieren.</p> <p><u>Praktikum:</u> (optional) Nach dem Praktikum sind sie in der Lage, Kristallstrukturen selbst zu bestimmen und mit kristallographischen Datenbanken umzugehen.</p>							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
Keine							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Praktikum: Bestandene Klausur zur Vorlesung.							
<b>Organisatorisches</b>							
Das Praktikum wird je nach organisatorischen Möglichkeiten angeboten und findet als Blockveranstaltung oder semesterbegleitend statt. Für das Praktikum ist eine Anmeldung erforderlich. Die Praktikumsregularien werden zu Beginn des Praktikums bekannt gegeben.							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>			M.Sc. Chemie / FB14				
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>			M.Sc. Biochemie / FB14, M.Sc. Physik / FB13, M.Sc. Geowissenschaften / FB11				
<b>Häufigkeit des Angebots</b>			Vorlesung: Einmal im Jahr (im Wintersemesters) Praktikum: Nach Ankündigung				
<b>Dauer des Moduls</b>			1-2 Semester				
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>			Prof. M. U. Schmidt				
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>			Keine				
<b>Teilnahmenachweise</b>			Praktikum: regelmäßige und aktive Teilnahme				
<b>Leistungsnachweise</b>			Keine				
<b>Lehr- / Lernformen</b>			Vorlesung, Übung, Praktikum				
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>			Deutsch oder Englisch, auf Wunsch Italienisch oder Russisch				
<b>Modulprüfung</b>			<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>				
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>							
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>			- Vorlesung: Schriftliche Abschlussprüfung (Klausur, 120 Min.) - Optional Praktikum: Bearbeitung von Praktikumsaufgaben				
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>			Note als CP-gewichtetes Mittel der abgeschlossenen Modulteilprüfungen				
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
Pflicht: Röntgenstrukturanalyse		V	3	5		5	
Optional: Röntgenstrukturanalyse		P	2	2			
SUMME			3 - 5	5-7			

[K2.2] <i>Structure and Function of Biomacromolecules</i>	<b>Struktur und Funktion von Biomakromolekülen</b>	<b>Wahlpflichtmodul im Kernbereich K2</b>	<b>7 CP (insg.) = 210 h</b>				<b>4 SWS</b>
			<b>Kontaktstudium 4 SWS / 60 h</b>		<b>Selbststudium 150 h</b>		
<b>Inhalte</b>							
Strukturbestimmung von Wirkstoffen und Biomakromolekülen als Grundlage zum Verständnis ihrer Funktion <b>Röntgenstrukturanalyse:</b> Strukturelle und konformationell dynamische Eigenschaften von Molekülen/Biomakromolekülen; Struktur/Wirkungs-Beziehungen, Einführung in die rechengestützte Beschreibung und Analyse von Molekülen/Biomakromolekülen (Molecular Modelling), Kristallisation von Molekülen insbesondere Biomakromolekülen, Beurteilung und Bearbeitung von Kristallen als Vorbereitung eines Messexperimentes, Durchführung eines Messexperimentes, Einführung in kristallographische Grundlagen (Kristallsymmetrie und Raumgruppen, Beugung von Röntgenstrahlen an Kristallen), besondere Herausforderungen in der Strukturlösung von Biomakromolekülen wie der Lösung des Phasenproblem, Ermittlung von Reaktionswegen aus Kristallstrukturen., <b>NMR-Spektroskopie:</b> theoretische Grundlagen der NMR-Spektroskopie, Einführung des Produktoperator-Formalismus zur Beschreibung von NMR-Experimenten, grundlegende NMR-Experimente, Abhängigkeit der NMR-Messgrößen von Strukturparametern und der Moleküldynamik, Strukturbestimmung von Proteinen und RNA							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
Die Studierenden werden mit den wichtigsten Methoden zur Strukturbestimmung von Wirkstoffen und Biomakromolekülen vertraut gemacht und erwerben ein Verständnis für den komplexen Zusammenhang zwischen der dreidimensionalen Struktur von Molekülen und ihrer biologischen Funktion. Sie kennen die Möglichkeiten und Grenzen der verwendeten Strukturbestimmungsmethoden und sind in der Lage, den Informationsgehalt und die Zuverlässigkeit von publizierten Strukturen zu beurteilen. Darüber hinaus helfen ihnen die vermittelten Kenntnisse bei der Lösung von Strukturproblemen im Rahmen der späteren eigenen wissenschaftlichen Arbeit.							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
Keine							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Keine							
<b>Organisatorisches</b>							
Die Bearbeitung der Übungsaufgaben, sowie die regelmäßige Teilnahme an den Übungen wird dringend empfohlen. Die Vorlesung teilt sich in die Hälften „Röntgenstrukturanalyse“ (Prof. M. Grininger) und „NMR-Spektroskopie“ (Prof. H. Schwalbe).							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		M.Sc. Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		Pflicht: M.Sc. Bioinformatik / FB12 WPF: M.Sc. Biophysik / FB13; M.Sc. Biochemie / FB14					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Einmal im Jahr (im Wintersemester)					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Prof. M. Grininger					
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>		Keine					
<b>Leistungsnachweise</b>		Keine					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Deutsch (teils Englisch)					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>		Schriftliche Abschlussprüfung (Klausur 180 Min.)					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		IV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	OC IV - Struktur und Funktion von Biomakromolekülen	V	3	5		5	
	OC IV - Struktur und Funktion von Biomakromolekülen	Ü	1	2		2	
	SUMME		4	7			

<b>[K2.3]</b> <i>Single-molecule Spectroscopy and high-resolution microscopy</i>	<b>Einzelmolekülspektroskopie und hochauflösende Mikroskopie</b>	<b>Wahlpflichtmodul im Kernbereich K2</b>	<b>6 CP (insg.) = 180 h</b>				<b>4 SWS</b>
			<b>Kontaktstudium 4 SWS / 60 h</b>	<b>Selbststudium 120 h</b>			
<b>Inhalte</b>							
Spektroskopische und mikroskopische Verfahren der Einzelmolekülfluoreszenz: Lokalisierung einzelner Moleküle, Tracking, Einzelmolekül-FRET, Fluoreszenzlöschung; Anwendungen von Einzelmolekülmethoden zur Untersuchung der Dynamik (z.B. Diffusion, Konformation, Bindungsstudien) einzelner Moleküle (z.B. Proteine, Nukleinsäuren, Liganden) in vitro und im zellulären Kontext; Methoden zur Überwindung der optischen Auflösungsgrenze in der Fluoreszenzmikroskopie (z.B. STED, STORM / PALM); Anwendung hochauflösender Fluoreszenzmikroskopie zur Untersuchung zellulärer Strukturen; quantitative, hochauflösende Fluoreszenzmikroskopie sowie gezielte Markierungsstrategien; Anwendung von Einzelmolekülmethoden zur Messung der Dynamik von Biomolekülen; Grundlagen der Fluoreszenz, der geometrischen Optik und des Aufbaus sowie der Funktionsweise von Mikroskopen							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
Ziel dieses Moduls ist, den Studierenden Einsichten in „state of the art“-Methoden der experimentellen Einzelmolekültechniken sowie in die hochauflösende Fluoreszenzmikroskopie zu geben. Es wird vermittelt, welche Fragestellungen wie beantwortet werden können und wo die Grenzen bzw. Schwachpunkte der jeweiligen Methoden liegen. Der methodische Hintergrund wird durch Beispiele aus der aktuellen Forschung ergänzt und vertieft.							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
Keine							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Keine							
<b>Organisatorisches</b>							
Die Bearbeitung der Übungsaufgaben, sowie die regelmäßige Teilnahme an den Übungen wird dringend empfohlen.							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>				M.Sc. Chemie / FB14			
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>				B.Sc. Biophysik, M.Sc. Physik, Biophysik / FB13, M.Sc. Biochemie / FB14 und M.Sc. Biologie / FB 15			
<b>Häufigkeit des Angebots</b>				Einmal im Jahr (im Wintersemester)			
<b>Dauer des Moduls</b>				1 Semester			
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>				Prof. M. Heilemann			
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>				Keine			
<b>Leistungsnachweise</b>				Keine			
<b>Lehr- / Lernformen</b>				Vorlesung, Übung			
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>				Deutsch			
<b>Modulprüfung</b>				<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>			
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>				Schriftliche Abschlussprüfung (Klausur 120 Min.)			
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
Einzelmolekülspektroskopie und hochauflösende Mikroskopie		V	2		4		
Einzelmolekülspektroskopie und hochauflösende Mikroskopie		Ü	2		2		
SUMME			4		6		

[K2.4] <i>Laser Chemistry</i>	Laserchemie	Wahlpflicht- modul im Kernbereich K2	5 CP (insg.) = 150 h		3 SWS		
			Kontaktstudium 3 SWS / 45 h	Selbststudium 105 h			
<b>Inhalte</b>							
<p><u>Vorlesung:</u> Laserprinzipien; Lasertypen; spezielle Eigenschaften von kohärentem Laserlicht; Vertiefung der mathematischen Beschreibung; grundlegende Prinzipien der linearen und nichtlinearen Optik; Realisierung von hochstabilen Dauerstrichlasern sowie gepulsten Laserquellen; spektroskopische Methoden (insbesondere elektronische Spektroskopie und Schwingungsspektroskopie); apparative Realisierung von spektroskopischen Prinzipien; Anwendung auf chemische Fragestellungen; gezielter Einsatz der Laserspektroskopie in den Biowissenschaften.</p> <p><u>Übung:</u> Zur Vertiefung des Vorlesungsstoffs findet eine Übung statt. Diese beinhaltet die Beschäftigung mit Übungsaufgaben bzw. aktuelle Literaturbesprechungen und Laborführungen.</p>							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
Die Studierenden sind in der Lage, Anwendungsmöglichkeiten von Lasern und die erforderliche Instrumentierung zu erklären. Sie können entscheiden, ob eine wissenschaftliche Fragestellung mit Lasern untersucht werden kann und welche Laserinstrumente dafür verfügbar sind. Neue Forschungsergebnisse aus der aktuellen Forschung können sie mit einem Fachpublikum erörtern.							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
Keine							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Keine							
<b>Organisatorisches</b>							
Die Bearbeitung der Übungsaufgaben, sowie die regelmäßige Teilnahme an den Übungen wird dringend empfohlen.							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		M.Sc. Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		M.Sc. Physik, B.Sc. Biophysik, M.Sc. Biophysik / FB 13, M.Sc. Biochemie / FB14					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Einmal im Jahr (im Sommersemester)					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Prof. J. Wachtveitl und Dr. M. Braun					
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>		Keine					
<b>Leistungsnachweise</b>		Keine					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Deutsch					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>		Schriftliche Abschlussprüfung (Klausur, 120 Min.)					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV- Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Prinzipien und Anwendungen von Lasern in der Chemie	V	2		3		
	Prinzipien und Anwendungen von Lasern in der Chemie	Ü	1		2		
	SUMME		3		5		

## Kernbereich K3: Magnetresonanz, theoretische und rechnergestützte Chemie

<b>[K3.1]</b> <i>Introduction to Density Functional Theory</i>	<b>Einführung in die Dichtefunktionaltheorie</b>	<b>Wahlpflichtmodul im Kernbereich K3</b>	<b>7 CP (insg.) = 210 h</b>				<b>4 SWS</b>	
			<b>Kontaktstudium</b> 4 SWS / 60 h	<b>Selbststudium</b> 150 h				
<b>Inhalte</b>								
	Hartree-Fock-Theorie; Elektronenkorrelation im post-Hartree-Fock-Bild; Elektronenkorrelation in Dichte-basierten Ansätzen; Grundlagen der Dichtefunktionaltheorie; Kohn-Sham-Theorie; moderne Implementierungen; Anwendungen der Dichtefunktionaltheorie für Moleküle: Erfolge und Grenzen							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>								
	Die Funktionsweise der Dichtefunktionaltheorie wird durch Vergleich mit klassischen Wellenfunktions-basierten Methoden eingeführt. Die Studierenden erhalten einen detaillierten Einblick in die Maschinerie moderner Dichtefunktionalimplementierungen und lernen über detailliert analysierte Anwendungsbeispiele Vorteile und Grenzen aktuell verfügbarer Funktionale kennen. Sie werden in die Lage versetzt, die in allen Bereichen der aktuellen chemischen Literatur beschriebenen Methoden einzuordnen und zu bewerten.							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>								
	Keine							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>								
	Keine							
<b>Organisatorisches</b>								
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>			M.Sc. Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>			M.Sc. Biophysik / FB13					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>			Einmal im Jahr (im Sommersemester)					
<b>Dauer des Moduls</b>			1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>			Prof. M. Holthausen					
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>			Keine					
<b>Teilnahmenachweise</b>			Keine					
<b>Leistungsnachweise</b>			Keine					
<b>Lehr- / Lernformen</b>			Vorlesung					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>			Deutsch oder Englisch (nach Vereinbarung)					
<b>Modulprüfung</b>			<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>			Mündliche Abschlussprüfung (60 Min.)					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>								
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>								
			LV- Form	SWS	Semester CP			
					1	2	3	4
	Einführung in die Dichtefunktionaltheorie		V	4		7		
	SUMME					7		

<b>[K3.2]</b> <i>Modern Methods of Theoretical Chemistry</i>	<b>Moderne Methoden der Theoretischen Chemie</b>	<b>Wahlpflichtmodul im Kernbereich K3</b>	<b>7 CP (insg.) = 210 h</b>				<b>4 SWS</b>
			<b>Kontaktstudium 4 SWS / 60 h</b>		<b>Selbststudium 150 h</b>		
<b>Inhalte</b>							
<p>Quantenchemische Behandlung molekularer Systeme: Hartree-Fock (HF)-Theorie und Self-Consistent-Field (SCF)-Verfahren, Restricted vs. Unrestricted HF-Theorie; Behandlung der Elektronenkorrelation: Konfigurationswechselwirkung, Møller-Plesset-Störungstheorie; Dichtefunktionaltheorie (DFT): Hohenberg-Kohn-Theoreme, Dichtefunktionale, Kohn-Sham-Ansatz; Überblick über quantenchemische Rechenverfahren: Basissätze, semiempirische Verfahren, DFT, ab-initio-Verfahren; Kerndynamik auf Born-Oppenheimer-Potentialflächen: Quantendynamik vs. klassische Dynamik; gemischt quanten-klassische Verfahren; Grundlagen der Molekulardynamik (MD): Kraftfelder, Integration der klassischen Bewegungsgleichungen, Ensembles (NVT, NPT); Grundlagen der Quantendynamik: Wellenpaketpropagation, Gaußsche Wellenpakete, Gitterverfahren; angeregte elektronische Zustände und Zusammenbruch der Born-Oppenheimer Näherung; nicht-adiabatische Effekte, Implikationen für die Photochemie und Ultrakurzzeitspektroskopie.</p> <p>Zur Vertiefung und Anwendung des Vorlesungsstoffs finden eine Theorieübung und ein Computerpraktikum statt. In der Theorieübung werden einschlägige Übungsaufgaben besprochen, während im Computerpraktikum quantenchemische und MD-Rechnungen durchgeführt werden.</p>							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
Die Studierenden lernen die aktuellen Methoden der Theoretischen Chemie kennen, sowohl im Bereich der elektronischen Strukturberechnung (zum Beispiel „Post-Hartree-Fock“-Methoden, Dichtefunktionalmethoden) als auch im Bereich der Kerndynamik (klassische Molekulardynamik / MD, Wellenpaketdynamik). Sie lernen zu beurteilen, welche Methode am besten an eine gegebene Fragestellung angepasst ist und wo die Grenzen der jeweiligen Verfahren liegen. Die Behandlung elektronisch angeregter Zustände schafft eine Verbindung zur modernen Photochemie und Ultrakurzzeitspektroskopie. Neben den theoretischen Grundlagen werden die Studierenden an den konkreten Einsatz der verschiedenen Methoden herangeführt.							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
Keine							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Grundlegende Kenntnisse der Mathematik und der Theoretischen Chemie							
<b>Organisatorisches</b>							
Die Bearbeitung der Übungsaufgaben, sowie die regelmäßige Teilnahme an den Übungen wird dringend empfohlen.							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>			M.Sc. Chemie / FB 14				
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>			Pflicht: B.Sc. Biophysik / FB13 WPF: B.Sc. Meteorologie, M.Sc. Meteorologie / FB11; B.Sc. Informatik, M.Sc. Informatik / FB12; M.Sc. Physik / FB13				
<b>Häufigkeit des Angebots</b>			Einmal im Jahr (im Sommersemester)				
<b>Dauer des Moduls</b>			1 Semester				
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>			Prof. I. Burghardt				
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>			Keine				
<b>Leistungsnachweise</b>			Keine				
<b>Lehr- / Lernformen</b>			Vorlesung, Übung				
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>			Deutsch				
<b>Modulprüfung</b>			<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>				
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>			Schriftliche Abschlussprüfung (Klausur 120 Min.)				
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Moderne Methoden der Theoretischen Chemie	V	3		5		
	Moderne Methoden der Theoretischen Chemie	Ü + P	1		2		
	Summe		4		7		

[K3.3] <i>Liquid NMR Spectroscopy</i>	Flüssigkeits NMR-Spektroskopie	Wahlpflichtmodul im Kernbereich K3	6 - 9 CP (insg.) = 180 - 270 h		4 - 7 SWS
			Kontaktstudium 4 - 7 SWS / 60 -105 h	Selbststudium 120 - 165 h	
<b>Inhalte</b>					
<p><u>Vorlesung:</u> Mathematische Grundlagen der NMR-Spektroskopie; isotrope und anisotrope Wechselwirkungen in der magnetischen Resonanz (MR) und ihre quantenmechanische Beschreibung</p> <p><u>Vorlesung - Vertiefung:</u> (optional) Einführung und in die MR-Relaxationstheorie und ihre quantenmechanische Beschreibung</p> <p><u>Praktikum:</u> (optional) Zuordnung von nD-NMR-Spektren von Naturstoffen, synthetischen Molekülen (mit Beispielen aus synthetisch arbeitenden Arbeitsgruppen) und Biomakromolekülen (Proteine, Peptide, RNA, DNA, Oligosaccharide), Strukturrechnung</p> <p><u>Seminar:</u> (optional) Referat über eine aktuelle Forschungspublikation auf dem Gebiet der Magnetischen Resonanz Spektroskopie, Auswahl einer geeigneten Publikation, Literatur-Recherche, Erarbeitung des Themas in Interaktion mit einem der DozentInnen der Magnetischen Resonanz, Vortrag im Seminar, Diskussion der vorgestellten Methode und der daraus gewonnenen Erkenntnisse auch im Kontext der anderen Seminarvorträge/Methoden.</p> <p><i>Die Lehrveranstaltungen Vorlesung „Mathematischen Grundlagen der NMR-Spektroskopie“ (Pflicht) sowie eine weitere Veranstaltung Vorlesung Vertiefung / Praktikum / Seminar (WPF) müssen besucht werden. Maximal zwei WPF.</i></p> <p><i>Das Seminar ist Teil der Module „Flüssigkeits NMR-Spektroskopie, EPR Spektroskopie“ und „Festkörper NMR“. Es kann nur einmal gewertet werden.</i></p>					
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>					
<p><u>Vorlesungen:</u> Die Studierenden werden in die quantenmechanischen und mathematischen Grundlagen der Magnetresonanz-Spektroskopie eingeführt. Sie können danach einfache Pulsabfolgen analytisch beschreiben und verstehen. Sie lernen, Strukturparameter aus den Magnetresonanz-Spektren zu extrahieren.</p> <p><u>Praktikum:</u> Die Studierenden erlernen die Interpretation von „state of the art“ NMR-Experimenten sowie die Bestimmung von Konformation und Dynamik an Beispielen. Sie erlernen außerdem den Umgang mit wichtigen Programmen zur Interpretation von NMR-Spektren.</p> <p><u>Seminar:</u> Im Seminar werden die Studierenden mit neuen Experimenten der MR vertraut gemacht.</p>					
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>					
<p>Modul „Struktur und Funktion von Biomakromolekülen“</p> <p>Vorlesung Vertiefung &amp; Seminar: Fachgespräch zur Vorlesung „Mathematischen Grundlagen der NMR-Spektroskopie“.</p>					
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>					
Keine					
<b>Organisatorisches</b>					
<p>Die Vorlesungen finden jeweils als Blockveranstaltung in der vorlesungsfreien Zeit statt.</p> <p>Das Praktikum findet als Blockveranstaltung in der vorlesungsfreien Zeit statt. Es ist eine Anmeldung erforderlich. Die Praktikumsregulieren werden zu Beginn des jeweiligen Praktikums bekannt gegeben.</p>					
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>			Master Chemie / FB14		
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>			Master Bioinformatik / FB12, Bachelor Biophysik / FB13, Master Biophysik / FB13, Master Physik / FB13, Master Biochemie / FB14		
<b>Häufigkeit des Angebots</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vorlesungen und Praktikum: Einmal im Jahr (nach Ankündigung)</li> <li>- Seminar: Jedes Semester</li> </ul>		
<b>Dauer des Moduls</b>			2 Semester		
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>			Prof. Schwalbe		
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>					
<b>Teilnahmenachweise</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seminar &amp; Praktikum: regelmäßige und aktive Teilnahme</li> <li>- Praktikum: Bearbeitung und Protokoll der Praktikumsaufgaben</li> </ul>		
<b>Leistungsnachweise</b>			Keine		
<b>Lehr- / Lernformen</b>			Vorlesung, Praktikum, Seminar		
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>			Deutsch auf Wunsch Englisch		
<b>Modulprüfung</b>			<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>		
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vorlesung: Mündliche Prüfung (30 Min.)</li> <li>WPF (min. 1; max. 2):</li> <li>- Vertiefung: Mündliche Prüfung (20 Min.)</li> <li>- Praktikum: Mündliche Prüfung zum Protokoll (30 Min.)</li> <li>- Seminar: Referat mit Präsentation (20 Min., Handout)</li> </ul>		

Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:		Note als CP-gewichtetes Mittel der abgeschlossenen Modulteilprüfungen					
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
Pflicht: Mathematischen Grundlagen der NMR-Spektroskopie		V	2	3			
WPF: Vertiefung der Mathematischen Grundlagen der NMR-Spektroskopie		V	2	3			
WPF: NMR-Intensivkurs (1-2 Wochen)		P	3	3			
WPF: Moderne Anwendungen der Magnetischen Resonanz Spektroskopie		S	2	3			
SUMME			4-7	6-9			

[K3.4] <i>EPR Spectroscopy</i>	EPR-Spektroskopie	Wahlpflicht- modul im Kernbereich K3	7 - 10 CP (insg.) = 210 - 300 h		4 - 7 SWS
			Kontaktstudium 4 - 7 SWS / 60 - 105 h	Selbststudium 150 - 195 h	
<b>Inhalte</b>					
<p><b>Vorlesung:</b> Quantenmechanische Grundlagen der EPR-Spektroskopie, Spin-Hamilton-Operatoren, Magnetische Dipol-Wechselwirkungen, Hyperfein-Wechselwirkungen, QM Grundlagen von g- und Nullfeld-Tensoren, Grundlegende Experimente der EPR-Spektroskopie (cw-EPR, puls-EPR, Relaxations-Zeiten, Hyperfein-Spektroskopie, Dipolare Spektroskopie), dynamische Kernspinpolarisation (DNP), transiente EPR-Spektroskopie, Beispiele von Anwendungen der EPR-Spektroskopie aus den Materialwissenschaften, der chemischen Analytik und der Strukturuntersuchung makromolekularer Systeme.</p> <p><b>Praktikum:</b> (optional) Cw-EPR Experimente zur Charakterisierung von organischen Radikalverbindungen, zu Oxidations/Reduktions-Verhalten und -Kinetik, cw-EPR Experimente zur quantitativen Bestimmung von Radikal-Konzentrationen in Lösungen, Einführung in grundlegende Puls-EPR-Experimente (Hahn-Echo, Inversion Recovery Experiment) zur Bestimmung von Relaxationszeiten. Einführung in Simulations-Software zur Bestimmung von Hyperfein-Kopplungen in flüssiger Lösung und g-Tensoren in Festkörper-Proben. Vergleich mit DFT Rechnungen.</p> <p><b>Seminar:</b> (optional) Referat über eine aktuelle Forschungspublikation auf dem Gebiet der Magnetischen Resonanz-Spektroskopie, Auswahl einer geeigneten Publikation, Literatur-Recherche, Erarbeitung des Themas in Interaktion mit einem der DozentInnen der Magnetischen Resonanz, Vortrag im Seminar, Diskussion der vorgestellten Methode und der daraus gewonnenen Erkenntnisse auch im Kontext der anderen Seminar-Vorträge/Methoden.</p> <p><i>Die Lehrveranstaltungen Vorlesung „Theorie der Elektron Paramagnetischen Resonanz Spektroskopie“ (Pflicht) sowie eine weitere Veranstaltung Praktikum / Seminar (WPF) müssen besucht werden.</i></p> <p><i>Das Seminar ist Teil der Module „Flüssigkeits NMR-Spektroskopie“, „EPR-Spektroskopie“ und „Festkörper NMR-Spektroskopie“. Es kann nur einmal gewertet werden.</i></p>					
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>					
Quantenmechanisches Verständnis von Spin-Systemen (Energie-Eigenwerte im Magnetfeld und zeitliche Entwicklung unter/nach kohärenten Anregungspulsen, magnetische Wechselwirkung zwischen ungepaarten Elektronen-Spins und mit Kernspins, Spin-Bahn-Kopplung des magnetischen Moments des ungepaarten Elektrons), Kenntnis der grundlegenden Experimente zur Bestimmung dieser Wechselwirkungen in flüssigen Lösungen und Festkörper-Proben. Qualitatives Verständnis der Spin-Relaxations-Zeiten und der Methoden zur Bestimmung. Einblicke in Anwendungsgebiete der EPR-Spektroskopie von der chemischen und materialwissenschaftlichen Analytik bis zu Anwendungen in der Katalyse, Struktur-Biologie und Photovoltaik.					
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>					
Praktikum und Seminar: Mündliche Prüfung zur Vorlesung „EPR-Spektroskopie“					
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>					
Keine					
<b>Organisatorisches</b>					
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>			M.Sc. Chemie / FB14		
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>			B.Sc. Biophysik, M.Sc. Biophysik, M.Sc. Physik / FB13; M.Sc. Biochemie / FB14;		
<b>Häufigkeit des Angebots</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vorlesung: Einmal im Jahr (im Wintersemester)</li> <li>- Praktikum: Einmal im Jahr (im Sommersemester)</li> <li>- Seminar: Jedes Semester</li> </ul>		
<b>Dauer des Moduls</b>			2 Semester		
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>			Prof. S. Richert		
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>					
<b>Teilnahmenachweise</b>			Seminar und Praktikum: Regelmäßige und aktive Teilnahme Praktikum: Bearbeitung der Praktikumsversuche		
<b>Leistungsnachweise</b>			Keine		
<b>Lehr- / Lernformen</b>			Vorlesung, Praktikum, Seminar		
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>			Deutsch (auf Wunsch Englisch)		
<b>Modulprüfung</b>			<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>		
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vorlesung: Mündliche Prüfung (30 Min.) oder schriftliche Prüfung (Klausur 120 Min.)</li> <li>WPF (min. 1):</li> <li>- Praktikum: Protokoll</li> <li>- Seminar: Referat mit Präsentation (20 Min., Handout)</li> </ul>		
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>			Note als CP-gewichtetes Mittel der abgeschlossenen Modulteilprüfungen		

	LV-Form	SWS	Semester CP			
			1	2	3	4
Pflicht: Theorie der Elektron Paramagnetischen Resonanz Spektroskopie	V	2	4		4	
WPF: Praktikum der Elektron Paramagnetischen Resonanz Spektroskopie	P	3		3		
WPF: Seminar Moderne Anwendungen der Magnetischen Resonanz Spektroskopie	S	2	3			
SUMME		4 - 7	7 - 10			

[K3.5 CW-N-2] <i>Solid State NMR Spectroscopy</i>	Festkörper NMR-Spektroskopie	Wahlpflichtmodul	7 - 10 CP = 210 - 300 h		4 - 7 SWS
			Kontaktstudium 4 - 7 SWS / 60 - 105 h	Selbststudium 150 - 195 h	
<b>Inhalte</b>					
<p><b>Vorlesung:</b> Anisotrope Spininteraktionen, Magic Angle Sample Spinning, Magnetisierungstransferexperimente, Ent- und Rückkopplungstechniken, Korrelations- und Separationsspektren, Charakterisierung von Struktur und Dynamik anisotroper molekularer Systeme, Einführung in die wichtigsten theoretischen Konzepte, Quadrupol-NMR, dynamische Kernpolarisation, biomolekulare Anwendungen. Jede Vorlesung wird durch Simulationen auf einem virtuellem NMR-Spektrometer begleitet (SIMPSON), welches auch den Studierenden zur Verfügung steht und mit dem sie Übungsaufgaben zu jeder Vorlesung lösen sollen.</p> <p><b>Praktikum:</b> (optional) Im Praktikum werden die Grundzüge von MAS-NMR vermittelt (Steuerung der Probenrotation, Kreuzpolarisation, Bestimmung anisotroper Parameter aus Rotationsseitenbanden). Es werden die Grundlagen der Resonanzzuordnung sowie der Bestimmung von Distanzeinschränkungen vermittelt. Zusätzlich werden präzise Kern-Kernabstände mittels dipolarer Rückkopplungstechniken bestimmt. Die experimentellen Daten werden durch die Studierenden mittels Computersimulationen mit der Software SIMPSON ausgewertet.</p> <p><b>Seminar:</b> (optional) Referat über eine aktuelle Forschungspublikation auf dem Gebiet der Magnetischen Resonanz Spektroskopie, Auswahl einer geeigneten Publikation, Literatur-Recherche, Erarbeitung des Themas in Interaktion mit einem der DozentInnen der Magnetischen Resonanz, Vortrag im Seminar, Diskussion der vorgestellten Methode und der daraus gewonnenen Erkenntnisse auch im Kontext der anderen Seminarvorträge/Methoden.</p> <p><i>Die Lehrveranstaltungen Vorlesung „Festkörper NMR-Spektroskopie“ (Pflicht) sowie eine weitere Veranstaltung Praktikum / Seminar (WPF) müssen besucht werden.</i></p> <p><i>Das Seminar ist Teil der Module „Flüssigkeits NMR-Spektroskopie“, „EPR-Spektroskopie“ und „Festkörper NMR-Spektroskopie“. Es kann nur einmal gewertet werden.</i></p>					
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>					
<p><b>Vorlesung:</b> Die Studierenden verstehen das Konzept anisotroper NMR-Interaktionen und deren Relevanz in isotropen und anisotropen molekularen Systemen, sie lernen die wichtigsten Experimente und theoretischen Konzepte kennen und verstehen Anwendungsmöglichkeiten für biomolekulare, aber auch pharmazeutische und materialwissenschaftliche Fragestellungen.</p> <p><b>Praktikum:</b> Die Studierenden verstehen die wichtigsten praktischen Aspekte der Festkörper NMR, werden in die Lage versetzt NMR-Experimente aufzusetzen, Daten auszuwerten sowie Hypothesen über Computersimulationen mit experimentellen Daten zu verknüpfen.</p> <p><b>Seminar:</b> Im Seminar werden die Studierenden mit neuen Experimenten der MR vertraut gemacht.</p>					
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>					
Praktikum & Seminar: Mündliche Prüfung zur Vorlesung „Einführung in die Festkörper NMR-Spektroskopie“					
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>					
Keine					
<b>Organisatorisches</b>					
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>			Master Chemie / FB14		
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>			Master Biophysik / FB13, Master Biochemie / FB14		
<b>Häufigkeit des Angebots</b>			- Vorlesung & Praktikum: Sommersemester - Seminar: jedes Semester		
<b>Dauer des Moduls</b>			2 Semester		
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>			Prof. Glaubitz		
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>					
<b>Teilnahmenachweise</b>			- Seminar und Praktikum: Regelmäßige und aktive Teilnahme - Praktikum: Bearbeitung der Praktikumsaufgaben (siehe Praktikumsordnung)		
<b>Leistungsnachweise</b>			Keine		
<b>Lehr- / Lernformen</b>			Vorlesung, Praktikum, Seminar		
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>			Englisch		
<b>Modulprüfung</b>			<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>		
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>			- Vorlesung: Mündliche Prüfung (30 Min.) WPF (min. 1): - Praktikum: Protokoll - Seminar: Referat mit Präsentation (20 Min., Handout)		
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>			Note als CP-gewichtetes Mittel der abgeschlossenen Modulteilprüfungen		

	LV-Form	SWS	Semester CP			
			1	2	3	4
Pflicht: Einführung in die Festkörper NMR-Spektroskopie	V	2		4		
WPF: Festkörper NMR-Spektroskopie	P	3		3		
WPF: Seminar Moderne Anwendungen der Magnetischen Resonanz Spektroskopie	S	2	3			
SUMME		4 - 7	7 - 10			

## Chemischer Wahlpflichtbereich

[CW-AAC.1] <i>X-ray powder diffraction</i>	<b>Röntgenpulverdiffraktometrie</b>	<b>Wahlpflichtmodul</b>	<b>5 - 12 CP (insg.) = 150 - 360 h</b>				<b>3 - 9 SWS</b>
			<b>Kontaktstudium</b> 3 - 9 SWS / 45 - 135 h	<b>Selbststudium</b> 105 - 225 h			
<b>Inhalte</b>							
<p><u>Vorlesung</u>: kristallographische Grundlagen (Kristallsymmetrie, Benutzung der International Tables of Crystallography); Grundlagen der Röntgenbeugung an Pulvern; Aufbau eines Diffraktometers; Probenpräparation; Messverfahren; Indizierung; qualitative und quantitative Phasenanalyse; Bestimmung von Kristallitgröße und Kristallqualität; Bestimmung von amorphen Anteilen in der Probe; Kristallstrukturbestimmung aus Röntgenpulverdiagrammen; Rietveld-Verfeinerung; Untersuchung nanokristalliner und amorpher Festkörper; Paarverteilungsfunktionen; industrielle Anwendungen; Kristallstrukturvorhersage als Methode zur Strukturlösung und zur Überprüfung von aus Pulverdiagrammen bestimmten Kristallstrukturen; Elektronenbeugung (Aufbau eines Transmissions-Elektronenmikroskops, Aufnahmeverfahren, Auswertung von Elektronenbeugungsbildern (kurz)); Historisches; weitere aktuelle Forschungsthemen aus dem Bereich Röntgenpulverdiffraktometrie.</p> <p><u>Praktikum</u> (optional): Messung von Röntgenpulverdiagrammen; Indizierung; Durchführung von qualitativen und quantitativen Phasenanalysen; eventuell Durchführung einer einfachen Kristallstrukturbestimmung</p> <p><u>Seminar</u> (optional): Themen aus dem Bereich der Röntgenstrukturanalyse und der Röntgenpulverdiffraktometrie.</p> <p><i>Die Vorlesung ist verpflichtend. Das Praktikum und das Seminar sind optional.</i></p>							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
<p><u>Vorlesung</u>: Die Studierenden machen sich mit der Röntgenpulverdiffraktometrie als wichtigem Instrument zur Analyse von Festkörpern vertraut. Sie lernen die Bedeutung von Faktoren wie Probenpräparation, Aufnahmeverfahren, Kristallqualität, Kristallitgröße und Textureffekten kennen und sind in der Lage, Röntgenpulverdiagramme auszuwerten und die Ergebnisse einer Kristallstrukturbestimmung aus Pulverdaten zu interpretieren.</p> <p><u>Praktikum</u>: Die Studierenden sind in der Lage, Pulverdiagramme zu messen, quantitative und qualitative Phasenanalysen durchzuführen und die Pulverdiagramme im Hinblick auf verschiedene Fragestellungen detailliert auszuwerten.</p> <p><u>Seminar</u>: Die Studierenden sind in der Lage, sich in ein Thema aus dem Gebiet der Röntgenstrukturanalyse oder der Röntgenpulverdiffraktometrie einzuarbeiten, und dies wiederzugeben.</p>							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
Praktikum: Schriftliche Abschlussprüfung zur Vorlesung.							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Vorlesung Röntgenstrukturanalyse Seminar: Vorheriger oder paralleler Besuch der Vorlesungen Röntgenstrukturanalyse und Röntgenpulverdiffraktometrie							
<b>Organisatorisches</b>							
Für das Praktikum und Seminar ist eine Anmeldung erforderlich. Die Regularien werden zu Beginn des Praktikums bzw. des Seminars bekannt gegeben. Praktikum und Seminar werden je nach organisatorischen Möglichkeiten angeboten.							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		M.Sc. Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		B.Sc. Geowissenschaften, M.Sc. Geowissenschaften / FB11; M.Sc. Physik / FB13					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Vorlesung: Einmal im Jahr (im Wintersemester) Praktikum und Seminar: nach Ankündigung					
<b>Dauer des Moduls</b>		1-2 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Prof. M. U. Schmidt					
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>		Praktikum und Seminar: Regelmäßige und aktive Teilnahme					
<b>Leistungsnachweise</b>		- Praktikum (optional): Protokoll - Seminar (optional): Präsentation (30 Min.) oder Fachgespräch (30 Min.)					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Seminar, Praktikum					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Deutsch					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>		Vorlesung: Schriftliche Prüfung (Klausur 120 Min.)					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		IV- Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
Pflicht: Röntgenpulverdiffraktometrie		V	3	5		5	

Optional: Röntgenpulverdiffraktometrie	P	4	4	
Optional: Röntgenstrukturanalyse und Röntgenpulverdiffraktometrie	S	2	3	
SUMME		3 - 9	5 - 12	

[CW-AAC.2] <i>Industrial chemistry</i>	Technische Chemie	Wahlpflicht- modul	4 CP (insg.) = 120 h				2 SWS	
			Kontaktstudium 2 SWS / 30 h		Selbststudium 90 h			
<b>Inhalte</b>								
<p><u>Vorlesung:</u> Industrielle organische Chemie und industrielle Denkweise am Beispiel folgender Themen: Erdöl, Erdgas, Kohle (jeweils: Zusammensetzung, Aufbereitung, Verarbeitung), Erdöldestillation und -raffination; industrielle Herstellung der wichtigsten organischen Vor- und Zwischenprodukte (Olefine, Vinylchlorid und andere Monomere, Methanol, Ethanol, Aceton, Acetaldehyd, Essigsäure, Keten, Ethylenoxid, Glykol, Acrylnitril, Sorbinsäure, Vorprodukte für die Farben- und Pharma-Herstellung) und deren Folgeprodukte (zum Beispiel Polymere); organische Pigmente (Herstellung, Eigenschaften, Einfluss von Korngröße und Kristallstruktur); Grundlagen der Reaktionstechnik und Verfahrenstechnik (Aufbau eines Kessels, Zerkleinern, Fördern, Sieben, Pumpen); Patente</p> <p><u>Exkursion:</u> (optional) Besichtigung eines großtechnischen Chemiebetriebes</p>								
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>								
<p><u>Vorlesung:</u> Die Studierenden entwickeln ein Verständnis für technische Prozesse und Zusammenhänge. Sie machen sich insbesondere mit der Denkweise in der Industrie vertraut und lernen die Bedeutung von Faktoren wie Wirtschaftlichkeit, Umweltschutz, Sicherheit sowie Personal- und Rechtsfragen kennen.</p> <p><u>Exkursion:</u> Die Studierenden lernen einen großtechnischen Chemiebetrieb kennen.</p>								
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>								
Keine								
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>								
Für Fremdhörer: Grundkenntnisse in organischer Chemie (z.B. eine Vorlesung in organischer Chemie für Studierende der Naturwissenschaften) werden vorausgesetzt.								
<b>Organisatorisches</b>								
Für die Exkursion ist eine Anmeldung erforderlich. Die Zahl der Teilnehmer jeder Exkursion ist beschränkt, je nach organisatorischen Möglichkeiten.								
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>			M.Sc. Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>			M.Sc. Umweltwissenschaften / FB11; M.Sc. Informatik / FB12					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>			Vorlesung: Einmal im Jahr (im Sommersemester) Exkursion: nach Ankündigung (mindestens einmal im Jahr)					
<b>Dauer des Moduls</b>			1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>			Prof. M. U. Schmidt					
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>			Keine					
<b>Teilnahmenachweise</b>								
<b>Leistungsnachweise</b>								
<b>Lehr- / Lernformen</b>			Vorlesung, Exkursion					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>			Deutsch					
<b>Modulprüfung</b>			<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>			Schriftliche Abschlussprüfung (Klausur zur Vorlesung, 90 Min.)					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>								
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>								
			LV- Form	SWS	Semester CP			
					1	2	3	4
	Technische Chemie		V	2		4		
	Summe			2		4		

[CW-AAC.3] <i>Chemistry of Materials</i>	Materialchemie	Wahlpflicht- modul	4 CP (insg.) = 120 h				2 SWS
			Kontaktstudium 2 SWS / 30 h		Selbststudium 90 h		
<b>Inhalte</b>							
Materialchemie; Eigenschaften, Strukturen, Synthesen und Anwendungen anorganischer und organischer Materialien; moderne Materialien und Konzepte; Neuerungen bei alt bekannten Werkstoffen und Prozessen; Keramiken; poröse Materialien; anorganische Pigmente; organische Festkörper; aktuelle Forschungsergebnisse und Verfahren							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
Die Studierenden erhalten einen Einblick in die Chemie von Materialien und die Struktur und Eigenschaften von Festkörpern. Sie lernen, welche Probleme mit welchen Ansätzen zu lösen sind, und erfahren auch die atomistischen Hintergründe für die besonderen Eigenschaften der Materialien. Die Einbindung von Industrievertretern macht die Praxisrelevanz erfahrbar und zeigt, dass auch in gut etablierten Industriezweigen noch große Neuerungen aus wissenschaftlichen Prozessen resultieren.							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
Keine							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Keine							
<b>Organisatorisches</b>							
Die Vorlesung wird als Ringvorlesung mit verschiedenen DozentInnen gehalten.							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		M.Sc. Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		M.Sc. Geowissenschaften, M.Sc. Umweltwissenschaften / FB11; B.Sc. Physik, M.Sc. Physik / FB13					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Einmal im Jahr (im Wintersemester)					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Prof. A. Terfort und Prof. M. U. Schmidt					
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>		Keine					
<b>Teilnahmenachweise</b>		Keine					
<b>Leistungsnachweise</b>		Keine					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Deutsch (ggf. einzelne Vorlesungsstunden auf Englisch)					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>		Schriftliche Abschlussprüfung (Klausur 120 Min.)					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV- Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Materialchemie	V	2	4		4	
	SUMME		2	4			

[CW-AAC.4] <i>Modern electrochemical analytics</i>	Moderne elektrochemische Analytik	Wahlpflichtmodul	5 CP (insg.) = 150 h				4 SWS
			Kontaktstudium 4 SWS / 60 h	Selbststudium 90 h			
<b>Inhalte</b>							
Praktische Vertiefung elektrochemischer Grundlagen (Nernst, Elektrodenprozesse, Doppelschichtmodelle, Randles-Sevcik, Butler-Volmer) anhand von Experimenten mit den beiden fundamentalen elektrochemischen Methoden (Cyclovoltammetrie und Impedanzspektroskopie). Spektroelektrochemie und Elektrosynthese.							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
Die Studierenden erwerben einen Einblick in die Bearbeitung von elektrochemischen Fragestellungen und Forschungsthemen. Grundlagenwissen aus den Bereichen der physikalischen Chemie an Grenzflächen und der Oberflächenchemie wird durch die selbstständige Bearbeitung anschaulicher Experimente vertieft. Die Studierenden erlernen den Umgang mit instrumentellen, elektrochemischen Analysemethoden wie Cyclovoltammetrie und Impedanzspektroskopie.							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
Keine							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Keine							
<b>Organisatorisches</b>							
Das Praktikum findet als Blockveranstaltung in der vorlesungsfreien Zeit statt. Dafür ist eine Anmeldung erforderlich. Die Praktikumsregulieren werden zu Beginn des Praktikums bekannt gegeben.							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		M.Sc. Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>							
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Jedes Semester (Block in der vorlesungsfreien Zeit)					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Prof. A. Terfort					
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>		Regelmäßige und aktive Teilnahme					
<b>Leistungsnachweise</b>		Praktikum: Erfolgreiche Durchführung der Experimente					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Praktikum, Seminar					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Deutsch					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>							
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>		Protokoll zum Praktikum und Präsentation im Seminar (20 Min.)					
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>		Note als CP-gewichtetes Mittel der abgeschlossenen Modulteilprüfungen (Praktikum 3 CP, Seminar 2 CP)					
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Moderne elektrochemische Methoden (2 Wochen)	P + S	3+1	3+2			
	SUMME		4	5			

[CW-AAC.5] <i>Modern Surface Chemistry</i>	Moderne Oberflächenchemie	Wahlpflichtmodul	5 CP (insg.) = 150 h				4 SWS
			Kontaktstudium 4 SWS / 60 h		Selbststudium 90 h		
<b>Inhalte</b>							
Definition von Oberflächen; Herstellung von Oberflächen (insbesondere von kristallographisch hochdefinierten Oberflächen); grundsätzliche physikalische Eigenschaften von Oberflächen; Rekonstruktion und Reorganisation; mikroskopische Charakterisierung (insbesondere Sondenmikroskopie); Adsorbatbildung; Triebkraft; Unterscheidung Physisorption / Chemisorption; Charakterisierung von Bindungsenergien; Messung von Bedeckungen: optische, thermische und mechanische Methoden; Elektronenspektroskopien (XPS, Auger, EXAFS, NEXAFS); Elektronenbeugung; Infrarotspektroskopie an Oberflächen: Auswahlregeln und Aussagemöglichkeiten; Beispiele aus der Katalyse, der Korrosionsforschung, Bio-Interfaces etc.							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
Die Studierenden erwerben Grundkenntnisse über die Eigenschaften von und Prozesse an Oberflächen. Sie erlernen die wichtigsten Methoden zur Charakterisierung von Oberflächen und können die Triebkräfte und Effekte der Adsorbatbildung beschreiben. Zudem wird die Bedeutung von Oberflächeneffekten für verschiedene technische Prozesse (wie Katalyse, Korrosion und Adhäsion) erkannt.							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
Keine							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Keine							
<b>Organisatorisches</b>							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		M.Sc. Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		Wahlpflichtfach: M.Sc. Biophysik / FB 13					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Einmal im Jahr (im Sommersemester)					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Prof. A. Terfort					
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>		Keine					
<b>Teilnahmenachweise</b>		Keine					
<b>Leistungsnachweise</b>		Keine					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Deutsch					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>		Mündliche Abschlussprüfung (30 Min.)					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Moderne Oberflächenchemie	V	4		5		
	SUMME		4		5		

[CW-OCCB.1] <i>Advanced Organic Chemistry</i>	Fortgeschrittene Organische Chemie	Wahlpflichtmodul	5 CP (insg.) = 150 h				3 SWS
			Kontaktstudium 3 SWS / 45 h	Selbststudium 105 h			
<b>Inhalte</b>							
Moderne Methoden zur Knüpfung von C–C-Bindungen und zur Umwandlung funktioneller Gruppen (aufbauend auf dem Bachelormodul Reaktionsmechanismen der Organischen Chemie); Schwerpunkte: Organometall-Verbindungen in der organischen Synthese, moderne Oxidations- und Reduktionsreaktionen, enantioselektive und chemoselektive Reaktionen; Multikomponenten- und Domino-Reaktionen							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
Die Studierenden erhalten einen Überblick über die wichtigsten Synthesemethoden in der modernen Organischen Chemie und werden damit vertraut gemacht. Sie erwerben dabei die Kenntnisse, die zum Verständnis der aktuellen Literatur auf dem Gebiet der synthetisch-präparativen Organischen Chemie und zur Planung eigenständiger Synthesen benötigt werden.							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
Keine							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Keine							
<b>Organisatorisches</b>							
Die Bearbeitung der Übungsaufgaben, sowie die regelmäßige Teilnahme an den Übungen wird dringend empfohlen.							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		M.Sc. Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		M.Sc. Biochemie / FB14					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Einmal im Jahr (im Sommersemester)					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Prof. M. Göbel					
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>							
Teilnahmenachweise		Keine					
Leistungsnachweise		Keine					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Deutsch					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>		Schriftliche Abschlussprüfung (Klausur 150 Min.)					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Fortgeschrittene Organische Chemie	V	2		3		
	Fortgeschrittene Organische Chemie	Ü	1		2		
	SUMME		3		5		

[CW-OCCB.2] <i>Chemistry of Heterocycles</i>	Chemie der Heterozyklen	Wahlpflichtmodul	5 CP (insg.) = 150 h				3 SWS
			Kontaktstudium 3 SWS / 45 h	Selbststudium 105 h			
<b>Inhalte</b>							
Nomenklatur heterozyklischer Systeme; Synthese und Eigenschaften aliphatischer, aromatischer und polyzyklischer Heterozyklen; Vorkommen und Bedeutung von Heterozyklen in Natur, Medizin und Materialwissenschaften							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
Die Studierenden erwerben Kenntnisse über die Eigenschaften und die Nomenklatur einfacher und komplexer heterozyklischer Verbindungen. Sie erlernen die verschiedenen Methoden zur Synthese der wichtigsten stickstoff-, sauerstoff- und schwefelhaltigen Heterozyklen. Dabei wird auch auf aktuelle Methoden eingegangen. In der begleitenden Übung werden die Studierenden an die selbstständige Planung der Synthese heterozyklischer Verbindungen heran geführt.							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
Keine							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Keine							
<b>Organisatorisches</b>							
Die Bearbeitung der Übungsaufgaben, sowie die regelmäßige Teilnahme an den Übungen wird dringend empfohlen.							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		M.Sc. Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		M.Sc. Biochemie / FB14					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Einmal im Jahr (im Wintersemester)					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Prof. M. Göbel					
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>		Keine					
<b>Leistungsnachweise</b>		Keine					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Deutsch					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>		Schriftliche Abschlussprüfung (Klausur 150 Min.)					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Chemie der Heterozyklen	V	2	3		3	
	Chemie der Heterozyklen	Ü	1	2		2	
	SUMME		3	5			

[CW-OCCB.3] <i>Biological Synthesis</i>	Biologische Synthese	Wahlpflicht- modul	7 CP (insg.) = 210 h				4 SWS
			Kontaktstudium 4 SWS / 60 h		Selbststudium 150 h		
<b>Inhalte</b>							
<p><u>Seminar:</u> Einführung der Konzepte und Prinzipien, welche die biologische Synthese bestimmen, demonstriert an ausgewählten Beispielen: Biosynthetische Konzepte zur Herstellung von Proteinen, Aminosäuren, Nukleinsäuren, Fettsäuren, Polyketiden, nicht-ribosomalen Peptiden, Alkaloiden und Terpenen; Umwandlung von Licht in chemische Energie; Fixierung von CO<sub>2</sub>; Schlüssel-Stoffwechselwege in lebenden Organismen (d. h. Citratzyklus als zentraler Stoffwechselweg); Engineering von Biosynthesewegen für die gerichtete Herstellung von bioaktiven Verbindungen (d. h. Polyketiden und nicht-ribosomalen Peptiden). Ein Überblick über synthetische Prinzipien sowie ein detaillierter mechanistischer Einblick in spezifische Enzyme werden gegeben. Der Fokus wird auf chemisch-biologischen Aspekten liegen. Konzepte ausgewählter strukturbioologischer Methoden (EM, ET und Röntgenkristallographie) sowie enzymatischer Assays werden vorgestellt. Neue aufkommende Technologien, die für das Gebiet des Biomolekül-Engineering und des Pathway-Designs wichtig sind, werden eingeführt, wie z.B. Amber-Codon-Suppression für den Einbau von nicht-kanonischen Aminosäuren in Proteine.</p> <p><u>Vorlesung:</u> Einführung in die Anwendung von Biomakromolekülen als bioaktive Substanzen zur Steuerung von Stoffwechselprozessen, insbesondere die Anwendung von Biomolekülen und ihre pharmazeutischen Entwicklungsaspekte bei der Behandlung von Krankheiten und Störungen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf Diabetes mellitus und seiner Behandlung mit Insulin und antidiabetischen Peptiden, Virusinfektionen (vorwiegend HIV), Immunerkrankungen und anderen seltenen Muskelerkrankungen sowie der Behandlung mit kleinemolekularen Enzyminhibitoren, Antikörpern und Oligonukleotiden (RNA). 3D-Strukturbioologische Methoden und pharmazeutische Entwicklungsaspekte werden vorgestellt und ausgewählte Fallstudien diskutiert</p>							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
Der Kurs stellt die biologische Synthese als eine alternative und komplementäre Methode zur chemischen Synthese vor und führt Schlüsselstrukturen ein, die biologische Synthese und Prozesse (Faktoren, Effektoren, Biologika, ...) regulieren. Ziel ist es, den Studierenden einen inspirierenden Hintergrund zu bieten, der es ihnen ermöglicht, 1) synthetische und regulatorische Prozesse in der Zelle zu verstehen, 2) biologische Systeme rational zu entwickeln und zu evolvieren, um neue Funktionen zu erwerben (z.B. Synthese eines nicht natürlichen Polymers, das in der Materialwissenschaft verwendet werden kann), 3) neue makromolekulare Komplexe oder Nanomaschinen zu konstruieren, die künstlich reguliert werden können (z.B. Synthese von makromolekularen Maschinen, die an- und ausgeschaltet werden können) und 4) neue Ansätze der synthetischen Biologie zu verfolgen und zu entwerfen, die zur Schaffung neuer künstlicher Zellen führen können (z. B. Entwurf einer künstlichen Minimalzelle, die sich selbst regenerieren kann).							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
Keine							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Keine							
<b>Organisatorisches</b>							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		M.Sc. Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		M.Sc. Biochemie / FB14, M.Sc. Molekulare Biotechnologie / FB15					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Einmal im Jahr (im Wintersemester)					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Prof. M. Grininger					
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>		Seminar: Regelmäßige und aktive Teilnahme					
<b>Leistungsnachweise</b>		Keine					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Seminar					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Englisch (Prüfungssprache wahlweise Deutsch oder Englisch)					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>		Mündliche Abschlussprüfung (20 Min.)					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV- Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Biologische Synthese	S	2	4		4	
	Strukturbioologische Aspekte und pharmazeutische Entwicklung von Biomakromolekülen	V	2	3		3	
	SUMME		4	7			

[CW-OCCB.4] <i>Advanced Chemical Biology</i>	Fortgeschrittene Chemische Biologie	Wahlpflicht- modul	5 CP (insg.) = 150 h				2 SWS
			Kontaktstudium 2 SWS / 30 h	Selbststudium 120 h			
<b>Inhalte</b>							
Fortgeschrittene Aspekte der DNA/RNA- und Proteinsynthese und -analytik; moderne diagnostische und spektroskopische Methoden zur Untersuchung der Biopolymere und zum Verständnis ihrer Funktion; DNA-Analoga und deren Herstellung; Antisense-Strategie; RNA-Interferenz; miRNAs; Antagomirs; RNA splicing; RNA editing; Aptamere; Ribozyme; Riboswitches; Ladungstransport in DNA; DNA-Reparatur; Photoschäden von Nukleinsäuren und deren Reparatur; nucleic acid structural probing (SHAPE, footprinting, RNase digest); Polyketide; Proteine mit nichtnatürlichen Aminosäuren							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
Die Studierenden erhalten einen Einblick in fortgeschrittene Themen und aktuelle Forschungsgebiete der Chemischen Biologie mit speziellem Fokus auf Nukleinsäure-basierten Methoden. Dazu gehören moderne diagnostische und spektroskopische Methoden zur Untersuchung der Biopolymere und zum Verständnis ihrer Funktion.							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
Keine							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Grundkenntnisse der Chemischen Biologie							
<b>Organisatorisches</b>							
Die Übung ist in die Vorlesung integriert. Die Bearbeitung der Übungsaufgaben, sowie die regelmäßige Teilnahme an den Übungen wird dringend empfohlen.							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>			M.Sc. Chemie / FB14				
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>			M.Sc. Biochemie / FB14				
<b>Häufigkeit des Angebots</b>			Einmal im Jahr (im Sommersemester)				
<b>Dauer des Moduls</b>			1 Semester				
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>			Prof. A. Heckel				
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>			Keine				
<b>Leistungsnachweise</b>			Keine				
<b>Lehr- / Lernformen</b>			Vorlesung, Übung				
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>			Deutsch				
<b>Modulprüfung</b>			<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>				
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>			Schriftliche Abschlussprüfung (Klausur 180 Min.)				
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV- Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Fortgeschrittene Chemische Biologie	V + Ü	2		5		
	SUMME		2		5		

<b>[CW-OCCB.5]</b> <i>Advanced Chemical Biology – Practical course</i>	<b>Fortgeschrittene Chemische Biologie – Praktikum</b>	<b>Wahlpflichtmodul</b>	<b>6 CP (insg.) = 180 h</b>				<b>4 SWS</b>	
			<b>Kontaktstudium</b> 4 SWS / 60 h	<b>Selbststudium</b> 120 h				
<b>Inhalte</b>								
Grundlegende Methoden der Manipulation und Charakterisierung von DNA und Proteinen; Proteinexpression; Zellkultur- und Ligandenbindungsstudien. Ein Seminar begleitet das Praktikum zur Vor- und Nachbereitung.								
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>								
Die Studierenden erhalten einen Einblick in fortgeschrittene Themen und aktuelle Forschungsgebiete der Chemischen Biologie. Dazu kommen Einblicke in moderne diagnostische und spektroskopische Methoden zur Untersuchung der Biopolymere und zum Verständnis ihrer Funktion.								
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>								
Keine								
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>								
Grundkenntnisse der Chemischen Biologie								
<b>Organisatorisches</b>								
Für das Praktikum ist eine Anmeldung erforderlich. Die Praktikumsregularien werden zu Beginn des Praktikums bekannt gegeben.								
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>			M.Sc. Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>			M.Sc. Biochemie / FB14					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>			Einmal im Jahr (nach Ankündigung, Block in der vorlesungsfreien Zeit)					
<b>Dauer des Moduls</b>			1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>			Dr. U. Scheffer					
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>								
<b>Teilnahmenachweise</b>			Regelmäßige und aktive Teilnahme					
<b>Leistungsnachweise</b>			Praktikum: Bearbeitung und Protokolle der Praktikumsversuche					
<b>Lehr- / Lernformen</b>			Praktikum, Seminar					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>			Deutsch					
<b>Modulprüfung</b>			<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>			Protokoll in Form einer wissenschaftlichen Veröffentlichung (ca. 10 Seiten)					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>								
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>								
			IV-Form	SWS	Semester CP			
					1	2	3	4
	Fortgeschrittene Chemische Biologie (2 Wochen)		P	3,5	5			
	Fortgeschrittene Chemische Biologie		S	0,5	1			
	SUMME			4	6			

**Importmodul:**

[CW-PTC.1] <i>Molecular Computational Chemistry: Theoretical Foundations</i>	<b>Molecular Computational Chemistry: Theoretische Grundlagen</b>	<b>Wahlpflichtmodul</b>	<b>5 CP (insg.) = 150 h</b>				<b>3 SWS</b>
			<b>Kontaktstudium</b> 3 SWS / 45 h	<b>Selbststudium</b> 105 h			
<b>Inhalte</b>							
<p>Theoretische Grundlagen der molekularen Computational Chemistry: Behandlung von Ein- und Mehrelektronensystemen (Hilberträume, Operatoren, Atom- und Molekülorbitale, Mehrelektronenwellenfunktionen, Variationsrechnung); Grundlagen der variationellen Mean-Field-Behandlung (Hartree- und Hartree-Fock-Theorie); Grundlagen der Dichtefunktionaltheorie; Behandlung molekularer Systeme: Born-Oppenheimer-Näherung; Potentialflächen; klassische Molekulardynamik auf Potentialflächen; Grundlagen der Quantendynamik (Wellenpakete) auf Potentialflächen.</p> <p><i>Es kann entweder das Modul „Molecular Computational Chemistry: Theoretische Grundlagen“ oder das Modul „Molecular Computational Chemistry: Struktur und Dynamik“ absolviert werden.</i></p>							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
<p>Die Veranstaltung führt in die computergestützte Behandlung molekularer Systeme ein. Dabei werden die grundlegenden Methoden der angewandten Theoretischen Chemie vermittelt, sowohl im Bereich der elektronischen Strukturberechnungen als auch im Bereich der Kerndynamik. Durch selbstständiges Erarbeiten von Übungsaufgaben und deren Diskussion in Übungsgruppen wird der Stoff vertieft. Qualifikationsziel ist es, dass die Studierenden den Übergang von den mathematisch begründeten Konzepten der Quantentheorie zu konkreten Anwendungen der Quantenchemie, Quantendynamik und Molekulardynamik nachvollziehen und die Grundlagen der gängigsten Anwendungsverfahren kennenlernen.</p>							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
Modul „Grundlagen der Theoretischen Chemie“ oder vergleichbare Module der Physik							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Keine							
<b>Organisatorisches</b>							
<p>Modul kann entweder im Bachelor- oder Masterstudiengang gewählt werden.</p> <p>Die Bearbeitung der Übungsaufgaben, sowie die regelmäßige Teilnahme an den Übungen wird dringend empfohlen.</p>							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		B.Sc. Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		Wahlpflichtmodul: B.Sc. Informatik, M.Sc. Informatik / FB12; B.Sc. Biophysik, M.Sc. Biophysik, M.Sc. Physik / FB13; M.Sc. Chemie / FB14					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Einmal im Jahr (im Sommersemester)					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Prof. I. Burghardt					
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>		Keine					
<b>Leistungsnachweise</b>		Keine					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Deutsch					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>		Schriftliche Abschlussprüfung (Klausur 120 Min.)					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Theoretische Grundlagen der molekularen Computational Chemistry	V	2		3		
	Theoretische Grundlagen der molekularen Computational Chemistry	Ü	1		2		
	SUMME		3		5		

**Importmodul:**

<b>[CW-PTC.2]</b> <i>Molecular Computational Chemistry: Structure and Dynamics</i>	<b>Molecular Computational Chemistry: Struktur und Dynamik</b>	<b>Wahlpflichtmodul</b>	<b>10 CP (insg.) = 300 h</b>		<b>7 SWS</b>		
			<b>Kontaktstudium 7 SWS / 105 h</b>	<b>Selbststudium 195 h</b>			
<b>Inhalte</b>							
<p><u>Vorlesung und Übung:</u> Theoretische Grundlagen der Behandlung von Ein- und Mehrelektronensystemen (Hilberträume, Operatoren, Atom- und Molekülorbitale, Mehr-elektronenwellenfunktionen, Variationsrechnung); Grundlagen der variationellen Mean-Field-Behandlung (Hartree- und Hartree-Fock-Theorie); Grundlagen der Dichtefunktionaltheorie; Behandlung molekularer Systeme: Born-Oppenheimer-Näherung; Potentialflächen; klassische Molekulardynamik auf Potentialflächen; Grundlagen der Quanten-dynamik (Wellenpakete) auf Potentialflächen.</p> <p><u>Praktikum:</u> Praktische Übungen zur molekularen Computational Chemistry: Einführung in numerische Programmpakete zur elektronischen Strukturberechnung (Hartree-Fock-Verfahren, Dichtefunktionaltheorie) sowie zur klassischen Molekulardynamik (MD) und Quantendynamik (Wellenpaketpropagation); Umgang mit Software-Dokumentation; Anwendungen auf kleine molekulare Systeme und Biomoleküle: Optimierung von Molekülstrukturen, Bestimmung von Normalmoden, Vorhersage von Infrarotspektren, Reaktionspfade, Konformationsdynamik von Biomolekülen, quantenmechanische Tunneldynamik.</p> <p><i>Es kann entweder das Modul „Molecular Computational Chemistry: Theoretische Grundlagen“ oder das Modul „Molecular Computational Chemistry: Struktur und Dynamik“ absolviert werden.</i></p>							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
<p><u>Vorlesung und Übung:</u> Die Veranstaltung führt in die computergestützte Behandlung molekularer Systeme ein. Die Studierenden lernen moderne Konzepte des wissenschaftlichen Rechnens am Beispiel der Computational Chemistry kennen. Dabei werden die grundlegenden Methoden der angewandten Theoretischen Chemie vermittelt, sowohl im Bereich der elektronischen Strukturberechnungen als auch im Bereich der Kerndynamik. Durch selbstständiges Erarbeiten von Übungsaufgaben und deren Diskussion in Übungsgruppen wird der Stoff vertieft. Qualifikationsziel ist es, dass die Studierenden den Übergang von den mathematisch begründeten Konzepten der Quantentheorie zu konkreten Anwendungen der Quantenchemie, Quantendynamik und Molekulardynamik nachvollziehen und die Grundlagen der gängigsten Anwendungsverfahren kennenlernen.</p> <p><u>Praktikum:</u> Qualifikationsziel des Praktikums ist es, die relevanten rechnergestützten Verfahren eigenständig auf chemisch relevante Probleme anzuwenden und die Resultate in aussagekräftigen Protokollen festzuhalten. Darüber hinaus stellen die Studierenden im Rahmen eines Kurzvortrags die Ergebnisse eines eigenen Projekts in kompakter, informativer und visuell ansprechender Form vor.</p>							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
Modul „Grundlagen der Theoretischen Chemie“ oder vergleichbare Module der Physik							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Keine							
<b>Organisatorisches</b>							
Modul kann entweder im Bachelor- oder Masterstudiengang gewählt werden. Die Bearbeitung der Übungsaufgaben, sowie die regelmäßige Teilnahme an den Übungen wird dringend empfohlen.							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		B.Sc. Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		Wahlpflichtmodul: B.Sc. Informatik, M.Sc. Informatik / FB12; B.Sc. Biophysik, M.Sc. Biophysik, M.Sc. Physik / FB13; M.Sc. Chemie / FB14					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Einmal im Jahr (im Sommersemester)					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Prof. I. Burghardt					
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>		Praktikum: Bearbeitung und Protokolle der Praktikumsaufgaben					
<b>Leistungsnachweise</b>		Praktikum: Erarbeitung eines eigenen Projektes aus dem Gebiet des Praktikums und dessen Präsentation (30 Min.)					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung, Praktikum					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Deutsch					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>		Schriftliche Abschlussprüfung (Klausur 180 Min.)					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4

Theoretische Grundlagen der molekularen Computational Chemistry	V	2		3		
Theoretische Grundlagen der molekularen Computational Chemistry	Ü	1		2		
Molecular Computational Chemistry	P	4		5		
SUMME		4		5		

<b>[CW-PTC.3]</b> <i>Specialisation Single-molecule Spectroscopy and high-resolution microscopy</i>	<b>Vertiefung Einzelmolekülspektroskopie und hochauflösende Mikroskopie</b>	<b>Wahlpflicht-Modul</b>	<b>5 CP (insg.) = 150 h</b>				<b>3 SWS</b>
			<b>Kontaktstudium</b> 3 SWS / 45 h		<b>Selbststudium</b> 105 h		
<b>Inhalte</b>							
Vertiefende Theorie und komplexere Anwendungen aus dem Themengebiet der „Einzelmolekülspektroskopie und hochauflösenden Fluoreszenzmikroskopie“. Im Rahmen des Moduls wird ein thematischer Schwerpunkt der Vorlesung „Einzelmolekülspektroskopie und hochauflösende Mikroskopie“ in Theorie und Praxis vertieft. Jedes Wintersemester wird ein anderes Themengebiet ausgewählt (bspw. hochauflösende Lokalisationsmikroskopie (PALM, dSTORM), Fluoreszenzkorrelationspektroskopie (FCS), Förster-Resonanzenergietransfer einzelner Moleküle (smFRET) oder „Stimulated Emission Depletion (STED) Mikroskopie“) und im elektronischen Vorlesungsverzeichnis bekanntgegeben.							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
Das Modul baut auf den Inhalten der Vorlesung auf, vertieft diese und wird anhand von Beispielen aus der aktuellen Forschung diskutiert. Als Grundlage für die detaillierte Diskussion wird die Vorbereitung der Themen der Seminartage durch eigenständige Literaturarbeit erwartet. Hierzu wird Primärliteratur bereitgestellt. Jeder Teilnehmer wird im Verlauf des Seminars ein Referat über eines der Themen halten. Im Anschluss an das Referat kommt es zu einer Diskussion über die vorgestellte Forschungsarbeit zwischen dem Vortragendem und dem Auditorium. Im Rahmen eines begleitenden Praktikums in einem Forschungslabor führen die Teilnehmer in kleinen Gruppen (ca. 3-4 Personen) Versuche mit direktem Bezug zu den im Seminar behandelten Themen durch.							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
Modul „Einzelmolekülspektroskopie und hochauflösende Mikroskopie“							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Keine							
<b>Organisatorisches</b>							
Für die Veranstaltung ist eine Anmeldung erforderlich. Der genaue Ablauf und die detaillierten Inhalte werden am ersten Termin besprochen und eine Einführung gegeben.							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		M.Sc. Chemie / FB 14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		M.Sc. Biophysik / FB 13; M.Sc. Biochemie / FB14					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Einmal im Jahr (im Wintersemester, ab 23 im Sommersem.)					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Prof. M. Heilemann					
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>		Seminar und Praktikum: Regelmäßige und aktive Teilnahme					
<b>Leistungsnachweise</b>		Mündliche Beteiligung im Praktikum Bonusregelung: Die Note der Modulabschlussprüfung kann um einen Notenzwischenwert (0,3) verbessert werden, wenn der Gesamteindruck der Leistungen im Praktikum den Leistungsstand der Studierenden besser widerspiegelt.					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Literatureseminar mit begleitendem Praktikum					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Deutsch, Englisch					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>		Mündliche Beteiligung in Seminar und Referat als Gesamtwürdigung (zu Beginn der Lehrveranstaltung werden die Kriterien der Bewertung erläutert)					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Einzelmolekülspektroskopie und hochauflösende Mikroskopie	S	2	3		3	
	Einzelmolekülspektroskopie und hochauflösende Mikroskopie (2 Tage)	P	1	2		2	
	<b>SUMME</b>			5			

<b>[CW-PTC.4]</b> <i>Modern Methods in the Molecular Sciences: Physical and Theoretical Chemistry</i>	<b>Moderne Methoden in den Molekularen Wissenschaften: Physikalische und Theoretische Chemie</b>	<b>Wahlpflicht-Modul</b>	<b>5 CP (insg.) = 150 h</b>				<b>3 SWS</b>
			<b>Kontaktstudium</b> 3 SWS / 45 h	<b>Selbststudium</b> 105 h			
<b>Inhalte</b>							
<p>In dieser Vorlesung stellen DozentInnen aus den Arbeitsgruppen des Instituts für Physikalische und Theoretische Chemie ihre aktuellen Forschungsthemen und Methoden im Bereich der „Molecular Science“ vor. Themenschwerpunkte bilden bspw. die Photochemie, die Magnetresonanz, die Massenspektrometrie, die Einzelmolekülmikroskopie und die Computational Chemistry. Das Ziel der Veranstaltung ist eine kompakte und forschungsbezogene Darstellung der Forschungsgebiete und deren Vernetzung zwischen verschiedenen Disziplinen. Die Veranstaltung dient der Orientierung der Studierenden mit Blick auf Forschungspraktika und Abschlussarbeiten im Masterstudium.</p> <p>In der Übung werden ausgewählte Übungsaufgaben und aktuelle Literaturquellen besprochen.</p>							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
Die Studierenden erhalten einen Überblick über aktuelle Forschungsschwerpunkte und Methoden der Physikalischen und Theoretischen Chemie und deren Anwendungsbereiche.							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
Keine							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Keine							
<b>Organisatorisches</b>							
Die Bearbeitung der Übungsaufgaben, sowie die regelmäßige Teilnahme an den Übungen wird dringend empfohlen.							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		M.Sc. Chemie / FB 14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		WPF: M.Sc. Biophysik, M.Sc. Physik / FB13; M.Sc. Bioinformatik / FB12					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Einmal im Jahr (nach Ankündigung)					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Prof. J. Wachtveitl					
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>		Keine					
<b>Leistungsnachweise</b>		Keine					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Englisch					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>		Schriftliche Abschlussprüfung (Klausur 90 Min.)					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Aktuelle Themen der Physikalischen und Theoretischen Chemie	V	2	3			
	Aktuelle Themen der Physikalischen und Theoretischen Chemie	Ü	1	2			
	SUMME		3	5			

[CW-N.1] <i>Specification Internship</i>	Vertiefungspraktikum	Wahlpflichtmodul	7 CP = 210 h				20 Arbeitstage
			Kontaktstudium 8 SWS / 120 h		Selbststudium 90 h		
<b>Inhalte</b>							
Literatursuche; Einarbeitung in und Vertiefung von wissenschaftlichen Fragestellungen; Bearbeitung eines Forschungsprojekts mit begrenztem Umfang; Abfassung eines Protokolls; Präsentation des Projekts							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
Durch die Tätigkeit in einer Arbeitsgruppe und die Bearbeitung eines konkreten wissenschaftlichen Projekts erhalten die Studierenden einen Einblick in die Forschung. Sie erfahren, wie man eine wissenschaftliche Arbeit verfasst (Aufbau, Stil, Zitierweise, Angabe von experimentellen Daten). Darüber hinaus sind die Forschungspraktika eine wertvolle Hilfe bei der Auswahl des Forschungsgebiets für die Masterarbeit.							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
Protokoll zum vorherigen Forschungspraktikum muss abgegeben sein. Dies muss dem Prüfungsamt nachgewiesen werden.							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Keine							
<b>Organisatorisches</b>							
Das Vertiefungspraktikum kann als zusätzliches Forschungspraktikum absolviert werden. Sofern das Praktikum außerhalb einer Universität oder im Ausland absolviert wird, wird ein/e zweiter Betreuer/In aus der Lehrinheit Chemie benötigt, dem/der das Protokoll vorgelegt werden muss und der/die die Endbenotung vornimmt. Eine Anmeldung sowohl bei den Arbeitsgruppenleiter/Innen als auch beim Prüfungsamt ist erforderlich.							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>			M.Sc. Chemie / FB14				
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>							
<b>Häufigkeit des Angebots</b>			Jedes Semester, nach Absprache mit den Arbeitsgruppenleiter/Innen				
<b>Dauer des Moduls</b>			1 Semester (20 Arbeitstage)				
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>			Vorsitzender des Prüfungsausschusses				
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>			Keine				
<b>Teilnahmenachweise</b>			Keine				
<b>Leistungsnachweise</b>			Keine				
<b>Lehr- / Lernformen</b>			Praktikum				
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>			Deutsch oder Englisch				
<b>Modulprüfung</b>			<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>				
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>							
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>			Praktische Laborarbeit und Protokoll				
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>			Aus beiden Teilen wird eine Note als Gesamtwürdigung gebildet.				
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
Forschungspraktikum (20 Arbeitstage)		P		7			
SUMME				7			

**Importmodul:**

[CW-N.3] <i>Introduction to Bio-molecular Simulations</i>	<b>Modellierung und Simulation von Biomolekülen</b>	<b>Wahlpflichtmodul</b>	<b>6 CP (insg.) = 180 h</b>				<b>4 SWS</b>
			<b>Kontaktstudium</b> 4 SWS / 60 h	<b>Selbststudium</b> 120 h			
<b>Inhalte</b>							
<p><u>Vorlesung:</u> Review of probability theory; Primer in equilibrium statistical mechanics, with review of the necessary classical mechanics and mathematics. Highlights on structures as free energy minimizer; Introduction to stochastic phenomena. Gaussian noise, Brownian motion, diffusion (Fokker-Planck equation); Two state systems: from Ion channels to cooperative binding; Kramer's theory for thermally activated processes. Protein folding; Numerical simulations. Euler algorithm for Brownian motion.</p> <p>Introduction to MD + equilibrium MD; Molecular dynamics. Scales in time and space. Atomistic and coarse-grained MD; Biophysical Interactions, all-atom Force fields and coarse grain force field (Martini); Production code and parallel computing. Introduction to GROMACS; Predicting biophysical properties; Periodic boundary conditions. Ewald's summation for electrostatics; Thermostats &amp; Barostats; Visualizing Biophysical Systems; Molecular simulations of biological systems.</p> <p>Übung: Zur Vertiefung des Vorlesungsstoffs wird die Vorlesung von einer praktischen Übung und eigenständiger Literaturarbeit begleitet.</p>							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
<p>Understand the basic principles of equilibrium and out-of-equilibrium statistical mechanics.</p> <p>Understand the principles of molecular dynamics simulations and the technical details involved in the setup of MD simulations. Perform basic molecular dynamics simulations of biological systems. Calculate biophysical properties of biomolecules to help the interpretation of the experimental data.</p>							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
Keine							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Grundkenntnisse der Thermodynamik und Statistik							
<b>Organisatorisches</b>							
Importmodul, es gelten die Anmelde- und Rücktrittsfristen der Ordnung der Masters Biophysik. (Die Prüfung erfordert eine online Anmeldung, spätestens sieben Tage vor dem Prüfungstermin. Bis ein Werktag vor dem Prüfungstermin ist der Rücktritt ohne Angabe von Gründen möglich.)							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		M.Sc. Biophysik / FB13					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		M.Sc. Biochemie, M.Sc. Chemie / FB 14					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Einmal im Jahr (im Sommersemester)					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Dr. Covino (Prof. Hummer)					
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>		Übung: Regelmäßige und aktive Teilnahme, Bearbeitung der Übungen					
<b>Leistungsnachweise</b>							
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Englisch					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>		Schriftliche Abschlussprüfung (Klausur 90 Min.)					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Modellierung und Simulation von Biomolekülen	V	2		3		
	Modellierung und Simulation von Biomolekülen	Ü	2		3		
	SUMME		4	6			

**Importmodul:**

[CW-N.4] <i>Principles of Didactics of Chemistry</i>	Grundlagen der Fachdidaktik Chemie	Wahlpflichtmodul	6 CP (insg.) = 180 h				4 SWS
			Kontaktstudium 4 SWS / 60 h	Selbststudium 120 h			
<b>Inhalte</b>							
	Allgemein: Einführung in die Didaktik der Chemie und Übersicht über die Grundlagen des Lehrens und Lernens von Chemie <u>Vorlesung</u> : Lernen von Chemie: Voraussetzungen der Lernenden, Grundlagen des Lernens und Lehrens, Sprache, Begriffsbildung, Vorstellungen von Lernenden und deren Veränderungen, Lernziele, Lernerfolg und Lernerfolgskontrolle, Ansätze zur Gestaltung von Chemieunterricht, Medieneinsatz <u>Seminar</u> : Ausgewählte Inhalte der Vorlesung werden anhand praktischer Beispiele vertieft.						
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
	<u>Vorlesung</u> : Die Studierenden sollen eine Übersicht über die Grundlagen des Lehrens und Lernens von Chemie erhalten, unterschiedliche didaktische Ansätze kennen lernen und hinsichtlich ihrer Umsetzung für das Lernen von Chemie kritisch einschätzen können. <u>Seminar</u> : Die Studierenden sollen den Zusammenhang zwischen fachdidaktischen Theorien und praktischen Vermittlungsprozessen anhand ausgewählter Beispiele kennen lernen.						
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
	Keine						
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
	Keine						
<b>Organisatorisches</b>							
	Importmodul, der Ordnung des Lehramts Chemie. Es gelten die Anmelde-, Rücktrittsfristen der Ordnung des Master Chemie. Modul kann entweder im Bachelor- oder Masterstudiengang gewählt werden						
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		Lehramt L3, L2 und L5 Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		B.Sc. Chemie, M.Sc. Chemie / FB14					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Einmal im Jahr (im Wintersemester)					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Prof. A. Lühken					
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>		Seminar: Regelmäßige und aktive Teilnahme					
<b>Leistungsnachweise</b>		Seminar: Präsentation					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Seminar					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Deutsch					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>		Schriftliche Abschlussprüfung (Klausur 90 Min.)					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Fachdidaktik Chemie (FD)	V	2	3		3	
	Fachdidaktik Chemie (FD)	S	2	3		3	
	SUMME		4	6			

**Teilimportmodul**

<b>[CW-N.5]</b> <i>Teaching Methods and Media Skills</i>	<b>Unterrichtsverfahren und Medienkompetenz</b>	<b>Wahlpflichtmodul</b>	<b>6 CP (insg.) = 180 h</b>				<b>4 SWS</b>	
			<b>Kontaktstudium</b> 4 SWS / 60 h		<b>Selbststudium</b> 120 h			
<b>Inhalte</b>								
<p>Allgemein: Unterrichtsverfahren für den Chemieunterricht der Sekundarstufe II unter Einbeziehung des Einsatzes Neuer Medien. Die Studierenden sollen eine Übersicht über grundlegende Strukturen und Anwendungsbereiche der Unterrichtsverfahren unter Berücksichtigung Neuer Medien erhalten, diese kritisch werten können sowie ausgewählte Unterrichtsverfahren erproben.</p> <p><u>Seminar Teil I:</u> Unterrichtsverfahren des Chemieunterrichts</p> <p><u>Seminar Teil II:</u> Didaktische Grundlagen des Einsatzes Neuer Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht</p> <p><i>Es kann sowohl mit Teil I als auch Teil II begonnen werden.</i></p>								
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>								
<p><u>Seminar Teil I:</u> Die Studierenden sollen eine Übersicht über Unterrichtsverfahren mit Bedeutung für den Chemieunterricht des Gymnasiums an ausgewählten Beispielen erhalten und diese hinsichtlich ihrer Einsetzbarkeit im Unterricht kritisch bewerten können.</p> <p><u>Seminar Teil II:</u> Die Möglichkeiten des Einsatzes Neuer Medien im Chemieunterricht sollen an ausgewählten Beispielen erarbeitet und in Bezug zu den in Teil I der Veranstaltung erarbeiteten Unterrichtsverfahren gesetzt werden.</p>								
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>								
Modul „Grundlagen der Fachdidaktik Chemie“								
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>								
Keine								
<b>Organisatorisches</b>								
Teilimportmodul, es gelten die Anmelde- und Rücktrittsfristen der Ordnung des Lehramts Chemie.								
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>			Lehramt L3 Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>			M.Sc. Chemie / FB14					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>			Ein Seminar jedes Semester					
<b>Dauer des Moduls</b>			2 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>			Prof. A. Lühken					
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>								
<b>Teilnahmenachweise</b>			Regelmäßige und aktive Teilnahme					
<b>Leistungsnachweise</b>			Seminar Teil I: Präsentation (60 Min.) oder Hausarbeit (15 Seiten, 3 Wochen) Keine					
<b>Lehr- / Lernformen</b>			Seminar					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>			Deutsch					
<b>Modulprüfung</b>			<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>			Seminar Teil II: Hausarbeit (15 Seiten, 3 Wochen) oder Präsentation (60 Min.)					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>								
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>								
			LV-Form	SWS	Semester CP			
					1	2	3	4
		Seminar Teil I: Unterrichtsverfahren und Medienkompetenz für Lehramt L3 (FD)	S	2	3			
		Seminar Teil II: Unterrichtsverfahren und Medienkompetenz für Lehramt L3 (FD)	S	2	3			
		SUMME		4	6			

[CW-N.6] <i>Chemistry of Polymers</i>	Polymerchemie	Wahlpflichtmodul	4 CP (insg.) = 120 h				2 SWS
			Kontaktstudium 2 SWS / 30 h		Selbststudium 90 h		
<b>Inhalte</b>							
<p>Polymere: Definitionen, Begriffe, Nomenklatur, Prinzipien; Hintergründe der thermischen und mechanischen Eigenschaften von Kunststoffen; Mechanismen und Kinetik gängiger Polymersynthesen: radikalische, ionische und Insertions-Polymerisation; Polykondensation und Polyaddition; spezielle Synthesen und polymeranaloge Umwandlungen; Polymercharakterisierung (Konstitution, Molmasse); Lösungsverhalten von Polymeren; Polyelektrolyte und elektrisch (halb)leitende Polymere; Anwendungsbeispiele (funktionale Polymere)</p>							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
<p>Die Studierenden erhalten einen Überblick über die gängigen Methoden der Herstellung und Charakterisierung von Polymeren. An Beispielen wird der Zusammenhang zwischen molekularer und supramolekularer Struktur der Makromoleküle und deren makroskopischen Eigenschaften erläutert. Die Studierenden sind in der Lage, mit den Begrifflichkeiten der Makromolekularen Chemie umzugehen, die grundlegenden Prinzipien von Synthese, Analytik und Eigenschaften polymerer Materialien zu erläutern und die Basisprinzipien funktionaler Polymerer zu skizzieren.</p>							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
Keine							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Keine							
<b>Organisatorisches</b>							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		M.Sc. Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>							
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Einmal im Jahr (im Wintersemester)					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Prof. M. Rehahn (TU Darmstadt)					
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>		Regelmäßige Teilnahme					
<b>Leistungsnachweise</b>		Keine					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Deutsch					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>		Schriftliche Abschlussprüfung (Klausur 120 Min.)					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Polymerchemie	V	2	4		4	
	SUMME		2	4			

[CW-N.7] <i>Molecular Modelling</i>	<b>Molecular Modelling</b>	<b>Wahlpflicht- modul</b>	<b>4 CP (insg.) = 120 h</b>				<b>2 SWS</b>
			<b>Kontaktstudium 2 SWS / 30 h</b>	<b>Selbststudium 90 h</b>			
<b>Inhalte</b>							
Chemische und physikalische Prozesse der biologischen Wirkung; Wirkstoffdesign; Protein/Ligand Wechselwirkungen; Leitstruktursuche und -optimierung; Methoden zur experimentellen Bestimmung und Berechnung von Molekülstrukturen; Proteinmodellierung; quantitative Struktur/Wirkungs-Beziehungen; strukturbasiertes Wirkstoffdesign (Methoden und Beispiele)							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
Die Studierenden erhalten einen Überblick über die verschiedenen Konzepte bei der Wirkstoffentwicklung. Sie verstehen die prinzipielle Vorgehensweise beim Molecular Modelling und erkennen die herausragende Bedeutung der dreidimensionalen Strukturen von Wirkstoffen, Proteinen und Wirkstoff/Rezeptor-Komplexen für ein rationales Wirkstoffdesign. Durch die Beschäftigung mit Erfolgen, aber auch mit Fehlschlägen erwerben sie eine kompetente und kritische Sicht der Möglichkeiten und Grenzen des Molecular Modelling.							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
Keine							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Keine							
<b>Organisatorisches</b>							
Die Modulprüfung besteht aus einer Präsentation über eine wissenschaftliche Veröffentlichung zum entsprechenden Seminarthema. Dem Vortragenden wird zwei Wochen vor dem Präsentationstermin vom DozentInnen eine aktuelle wissenschaftliche Veröffentlichung ausgehändigt. Benötet wird, ob das Thema fachlich korrekt abgehandelt wurde, alle in der Veröffentlichung enthaltenen Aspekte des Molecular Modelling herausgearbeitet wurden, die Sachverhalte verständlich präsentiert wurden, in der Diskussion überzeugend argumentiert wurde, Fragen aus dem Publikum beantwortet werden konnten und die zeitlichen Vorgaben eingehalten wurden.							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		M.Sc. Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		WPF: M.Sc. Bioinformatik / FB12/15					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Einmal im Jahr (im Wintersemester)					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Apl. Prof. W. Schubert					
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>							
— <b>Teilnahmenachweise</b>		Regelmäßige und aktive Teilnahme					
— <b>Leistungsnachweise</b>		Keine					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Seminar					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Deutsch					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
— <b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>		Präsentation (30 Min.)					
— <b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
— <b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV- Form	SWS	Semester -CP			
				1	2	3	4
	Molecular Modelling	S	2	4		4	
	SUMME		2	4			

[CW-N.8] <i>Chemical Laws &amp; Toxicology</i>	Sachkunde	Wahlpflicht- modul	3 CP (insg.) = 90 h				2 SWS
			Kontaktstudium 2 SWS / 30 h		Selbststudium 60 h		
<b>Inhalte</b>							
<p><u>Vorlesung:</u> grundlegende Aspekte der deutschen und europäischen Rechtsordnung; wichtige gesetzliche Grundlagen zur Bewertung und Einordnung von Chemikalien (CLP-VO, REACH-VO, ChemG, GefStoffV, ChemVerbotsV, TGRS); rechtliche Regelungen zum Inverkehrbringen von Chemikalien; umweltrechtliche, exportkontrollrechtliche, Schutz- und Risikominderungsmaßnahmen; Gefahrstoffe (Einordnung und Kennzeichnung)</p> <p><u>Vorlesung:</u> Grundlagen der Toxikologie; Toxikodynamik; Toxikokinetik (Resorption, Distribution, Elimination); toxikologische Testmethoden (akute und chronische Toxizitätstests, Mutagenitätstest); in-vitro-Methoden; spezielle Toxikologie (Stofftoxikologie); Organtoxikologie; chemische Kanzerogenese; ausgewählte Stoffbeispiele (Pilzgifte, Metal-le, organische Lösungsmittel, polychlorierte Biphenyle, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Organophosphate, Schädlingsbekämpfungsmittel etc.); Wirkungen von Substanzen auf lebende Organismen und das Ökosystem</p>							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
<p><u>Vorlesung:</u> Die Studierenden erhalten einen systematischen und vertieften Einblick in wichtige gesetzliche Regelungen zur Bewertung von Chemikalien und lernen, warum und wie adverse Effekte von Chemikalien auf den Menschen und die Umwelt unter rechtlichen Aspekten qualifiziert und quantifiziert werden. Sie erfahren, wie Gefahrstoffe gekennzeichnet werden und welche Informationsquellen über ihre Einordnung zur Verfügung stehen. Angesprochen werden auch der gesellschaftliche Stellenwert der menschlichen Gesundheit und des nachhaltigen Schutzes der Umwelt sowie der globale Kontext chemikalienrechtlicher Regelungen.</p> <p><u>Vorlesung:</u> Die Studierenden werden in die Toxikologie eingeführt und lernen toxikologische Testmethoden kennen. Anhand ausgewählter Beispiele werden ihnen die Prinzipien der Toxikologie vertiefend vermittelt. Die Studierenden erhalten dazu Unterrichtsmaterialien, die auch elektronisch abrufbar sind.</p> <p>Mit erfolgreichem Abschluss dieses Moduls erlangen die Studierenden die eingeschränkten Sachkunde nach § 11 Absatz 2 der Chemikalienverbotsverordnung (ChemVerbotsV).</p>							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
Vorlesung „Toxikologie“: Modul „Grundlagen der Organischen Chemie“							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Keine							
<b>Organisatorisches</b>							
Für beide Teilmodule sind Anmeldungen erforderlich.							
Vorlesung „Rechtskunde“: Dozent ist Dr. G. Weber (Infraserv GmbH & Co. Höchst KG)							
Vorlesung „Toxikologie“: Dozent ist Prof. J. Klein (Institut für Pharmakologie und Klinische Pharmazie)							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		M.Sc. Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		M.Sc. Umweltwissenschaften / FB11					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Einmal im Jahr (Toxikologie im Wintersemester, Rechtskunde im Sommersemester)					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Dr. J. Ferner					
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>		Keine					
<b>Teilnahmenachweise</b>		Keine					
<b>Leistungsnachweise</b>		Keine					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Deutsch					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>							
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schriftliche Abschlussprüfung: „Rechtskunde“ (Multiple Choice Klausur, 80 Min.)</li> <li>- Schriftliche Abschlussprüfung: „Toxikologie“ (Klausur, 90 Min.)</li> </ul>					
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>		Note als CP-gewichtetes Mittel der abgeschlossenen Modulteilprüfungen					
		LV- Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Rechtskunde	V	1	1,5		1,5	
	Toxikologie	V	1	1,5		1,5	
	Summe		2	3			

[CW-N.9] <i>Independent Scientific Research</i>	<b>Selbstständiges wissenschaftliches Arbeiten</b>	<b>Wahlpflichtmodul</b>	<b>30 CP (insg.) = 900 h</b>				6 Monate
			<b>Kontaktstudium</b>		<b>Selbststudium 900 h</b>		
<b>Inhalte</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Literaturrecherche,</li> <li>- Bearbeitung einer anspruchsvollen wissenschaftlichen Fragestellung,</li> <li>- d. R. verknüpft mit Labortätigkeit und/oder theoretischen Berechnungen,</li> <li>- Schriftliche Ausarbeitung eines Forschungsvorschlags (Research Proposal) für die Weiterführung des Forschungsprojekts</li> </ul> <p><i>Dieses Modul ersetzt zwei der vier Forschungspraktika und geht mit einem Gewicht von 10 CP in die Masternote ein.</i></p>							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
Besonders motivierte und leistungsstarke Studierende werden frühzeitig an die aktuelle Forschung herangeführt.							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bachelorabschluss in maximal 7 Semestern; sowohl die Bachelorgesamtnote als auch die Note der Bachelorarbeit müssen besser als 1,5 sein.</li> <li>- Bis zum Ende des insgesamt 9. Studiensemesters müssen im Masterstudiengang mindestens 60 CP mit einer Durchschnittsnote besser als 1,5 erbracht worden sein. Darin müssen enthalten sein: jeweils zwei Wahlpflichtmodule aus den drei Kernbereichen sowie zwei Forschungspraktika in zwei verschiedenen Instituten der Lehrinheit Chemie. Die beiden Forschungspraktika sollen in anderen Arbeitsgruppen durchgeführt werden als das Modul Selbstständiges wissenschaftliches Arbeiten.</li> <li>- Bestätigung eines Hochschullehrers über die Betreuung der/des Studierenden</li> <li>- Über Ausnahmen entscheidet der Prüfungsausschuss.</li> </ul>							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Keine							
<b>Organisatorisches</b>							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		M.Sc. Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>							
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Jedes Semester					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Vorsitzende/r des Prüfungsausschusses					
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>		Keine					
<b>Leistungsnachweise</b>		Schriftliche Ausarbeitung eines Forschungsvorschlags (Research Proposal)					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Angeleitetes Arbeiten im Labor und Selbststudium					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Deutsch / Englisch					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>		Mündliche Abschlussprüfung (Abschlussgespräch 30 Minuten mit dem Betreuer bzw. der Betreuerin und einem weiteren Mitglied der Professorenschaft über die durchgeführten wissenschaftlichen Arbeiten und die Weiterführung des Forschungsprojekts auf der Basis des ausgearbeiteten Forschungsvorschlags)					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Selbstständiges wissenschaftliches Arbeiten (6 Monate)		30				30
	SUMME		30				30

[CW-N.10] <i>Chemistry of Polymers 2 (Modern Methods)</i>	<b>Moderne Methoden der Polymerchemie</b>	<b>Wahlpflichtmodul</b>	<b>4 CP (insg.) = 120 h</b>				<b>2 SWS</b>
			<b>Kontaktstudium</b> 2 SWS / 30 h	<b>Selbststudium</b> 90 h			
<b>Inhalte</b>							
Die Studierenden entwickeln ein Verständnis zu Reaktionsmechanismen und den synthetischen Optionen in der aktuellen Polymerchemie. Darüber hinaus werden Methoden diskutiert, um die Konstitution von Polymeren experimentell nachzuweisen und diese mit den daraus resultierenden Eigenschaften und Anwendungsfeldern zu korrelieren. Basierend auf den Syntheserouten werden auch Phasen- und Ordnungszuständen dargestellt, die auf dem komplexen Zusammenspiel der intra- und intermolekularen Selbstorganisation beruhen. Dies wird anhand verschiedener Beispiele aus der Praxis veranschaulicht und es wird demonstriert, wie man anhand der Polymerchemie heutzutage funktionale Polymere nutzen kann.							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
Ziel dieser Vorlesung sind vertiefte Kenntnisse in allen Bereichen der modernen Synthese und molekularen Charakterisierung makromolekularer Stoffe. Zunächst werden die in der Vorlesung Polymerchemie I (Modul "Polymerchemie") vorgestellten Ketten- und Schrittwachstumsreaktionen mechanistisch und kinetisch fundiert diskutiert. Basierend hierauf werden aktuelle Forschungs- und Entwicklungstrends zu den verschiedenen Polymerisationsverfahren vorgestellt und ebenfalls mechanistisch und kinetisch diskutiert. Der letzte Teil der Vorlesung widmet sich komplexeren Polymerarchitekturen und ihrer gezielten Herstellung - beginnend vom definiert verzweigten Homopolymer bis hin zu vernetzten Polymeren, funktionalen Polymeren und insbesondere Polymeren an Grenzflächen.							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
Keine							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Modul "Polymerchemie"							
<b>Organisatorisches</b>							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>			M.Sc. Chemie / FB14				
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>							
<b>Häufigkeit des Angebots</b>			Einmal im Jahr (im Sommersemester)				
<b>Dauer des Moduls</b>			1 Semester				
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>			Prof. Dr.-Ing. Markus Gallei (Universität des Saarlandes)				
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>			Regelmäßige Teilnahme				
<b>Leistungsnachweise</b>			Keine				
<b>Lehr- / Lernformen</b>			Vorlesung				
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>			Deutsch				
<b>Modulprüfung</b>			<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>				
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>			Schriftliche Abschlussprüfung (Klausur 120 Min.)				
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		IV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Polymerchemie II	V	2		4		4
	SUMME		2	4			

[CW-N.11] <i>Moderne Methoden der Elektrochemie</i>	<b>Modern Methods in Electrochemistry</b>	<b>Wahlpflichtmodul</b>	<b>5 CP (insg.) = 150 h</b>				<b>4 SWS</b>
			<b>Kontaktstudium</b> 4 SWS / 60 h	<b>Selbststudium</b> 90 h			
<b>Inhalte</b>							
This module will introduce the fundamentals of electrochemistry including: (1) Thermodynamics, Cell Potentials, Nernst equation; (2) The Electrode/Solution Interface; (3) Electrode Kinetics and Mass Transport; (4) Instrumentation; (5) Voltammetric Methods, Chronometric Methods, Impedance Methods; (6) Organic Electrochemistry; (7) Industrial Applications: Sensors, Fuel Cells and Batteries, Hydrogen Production; (8) Imaging/ Surface Analytical Methods. We introduce and discuss the basic theories of electrochemistry and electrochemical process in Units 1-3. We introduce and discuss the instrumentation and main electrochemical analytic techniques in Units 4-5. Basics of Organic Electrochemistry will be introduced in Unit 6. And, we show the importance of electrochemistry via Unit 7. Finally, state of art surface analytical methods using electrochemistry will be introduced in Unit 8.							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
The overall goal is to equip the students with the necessary knowledge of electrochemistry. The students should be able to grasp the basic theory and analytic techniques of electrochemistry in their own work. This knowledge can be applied and deepened in the practical course "Moderne elektrochemische Methoden".							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
None							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Basic knowledge of electrochemistry. Physical chemistry, analytical chemistry and organic chemistry experiences are desirable.							
<b>Organisatorisches</b>							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		M.Sc. Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		M.Sc. Biochemie, M.Sc. Biophysik (FB 13)					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Einmal im Jahr (im Sommersemester)					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Prof. Dr. Jinxuan Liu					
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>		Exercice: Regular and active attendance, working on the exercises					
<b>Leistungsnachweise</b>		None					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Lecture, Exercises					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Englisch					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>		Mündlichen Prüfung (30 Min.) oder Klausur (120 Min.), je nach Anzahl der Prüfungs-Interessenten					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Modern Methods in Electrochemistry	L+E	2,5+1,5		5		5
	SUMME		4	5			

[E1.23] / [CW-N.12] <i>iGEM</i>	iGEM	Compulsory elective module		3-7 CP (total) = 90-210 h			2-4 SWS
				Contact hours 2-4 SWS / 30-60 h	Independent study 60-150 h		
<b>Content</b>							
<p><u>Project development:</u> In the winter semester students are involved in a seminar that involves research and project development for an independent student research project that could be applied for the international synthetic biology competition iGEM. At the beginning of the weekly seminar the students will present a former iGEM project and work out its strong and weak points. Then the students brainstorm general project ideas and elaborate a project plan in small groups. The groups will present their approaches. This is followed by anti-pitches from the other groups to work out the weak points and find improvements. The finalized project ideas will be assembled and presented to the whole student group that wants to work on the project in the summer semester. They then vote on the most feasible project idea.</p> <p><u>Project implementation:</u> In the summer semester the students work independently on the project in the wet lab, dry lab, human practices and finances. The hours that each student works on the project will be tracked using a time sheet. In addition, weekly general meetings with the whole team take place (seminar). End of September (before or after the official wiki freeze of the iGEM competition) each student will either present their work.</p> <p><i>Students can participate in either Project development (CEM) and / or Project implementation (CEM).</i></p>							
<b>Learning outcomes and skills</b>							
Students learn to organize themselves in an interdisciplinary team and work out a project that can be judged at the international iGEM competition. The students learn how to work out a project plan for a project that could be applied to real life. Apart from gaining a deeper understanding of science, research and project planning the students also achieve valuable soft skills such as science communication, presentation skills, communication skills, leadership, lab management, project coordination, and funding scientific projects.							
<b>Admissions requirements/Conditions for participation in the module/courses</b>							
It can be taken twice, either in Bachelor's or Master's programme.							
<b>Recommended prior knowledge</b>							
Completed Bachelor's degree or advanced semester in the Bachelor's degree program (from 3rd semester).							
<b>Organizational details</b>							
<b>Module allocation (degree programme/faculty)</b>				Master Biochemistry / FB14			
<b>Module transferrable to other degree programmes</b>				Bachelor Biochemie / FB 14			
<b>Module offered</b>				Winter semester: Seminar Project development Summer semester: Project implementation - work on the project, general meetings (seminar), completion of the project for presentation at the Grand Jamboree			
<b>Duration</b>				1-2 semester			
<b>Module coordinator</b>				Dr. Rana Hussein Ali			
<b>Course requirements for credits</b>							
<b>Participation record</b>				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Project development: Regular and active participation</li> <li>- Project implementation: Regular and active participation on general meeting. Time sheet for working hours (90 h) on the project. The time sheet is reviewed by the project group leaders in consultation with the module coordinator.</li> </ul>			
<b>Coursework</b>				None			
<b>Forms of teaching / learning</b>				Seminar, Project			
<b>Language teaching and instruction</b>				English			
<b>Module assessment</b>				<b>Form / duration / content, if applicable</b>			
<b>Final module assessment</b>							
<b>Cumulative module assessment consisting of</b>				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Project development: Group presentation (15 Min.) of a former iGEM project, presentation of project ideas, discussion about weak and strong points of the proposed projects.</li> <li>- Project implementation: Concluding presentation (20 Min.) of the work that each student contributed to the project.</li> </ul>			
<b>Composition of the module grade for cumulative module assessment</b>				CP-weighted average of the grades			
		Mode of teaching / study	Semester hours per week	Semester CP			
				1	2	3	4
CEM: Project development		S	2	3			

<i>CEM: Project implementation</i>	Project + S	2	4			
TOTAL		2-4	3-7			

[CW-N.13] [E1.24]	/	<b>Advanced Bottom-up Synthetic Biology</b>	<b>Compulsory elective module</b>	<b>4 CP (total) = 120 h</b>				<b>2 SWS</b>
			<b>Contact hours 2 SWS / 30 h</b>		<b>Independent study 90 h</b>			
<b>Content</b>								
<p><u>Seminar:</u> Bottom-up synthetic biology aims to reconstruct life-like functions from non-living molecular building blocks to understand the origin of life and develop biomedical applications. In this seminar, students will explore how minimal synthetic systems—such as liposomes, giant unilamellar vesicles (GUVs), proteinosomes, and polymersomes—can be engineered to mimic cellular processes including compartmentalization, signal transduction, gene expression, and cell-to-cell communication. Topics will include the design and assembly of synthetic cells, membrane biophysics, cell-free transcription–translation systems, and molecular communication between synthetic and living cells. Students will discuss selected recent research papers and critically analyze experimental strategies for mimicking biological functions in minimal synthetic cells via a bottom-up approach. The seminar emphasizes conceptual understanding and the integration of chemistry, biochemistry and biophysics approaches to design artificial systems that emulate natural cellular behaviors.</p>								
<b>Learning outcomes and skills</b>								
<p>After successful completion, students:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• understand the fundamental principles and design strategies of bottom-up synthetic biology, an emerging interdisciplinary field at the interface of chemistry, biochemistry, and biophysics.</li> <li>• are able to explain and critically evaluate how defined molecular components can be combined to reconstruct cell-like functions.</li> <li>• can analyze and discuss recent literature in the field, including experimental methods such as lipid/protein/polymer/DNA vesicle reconstitution, microfluidic assembly, and cell-free expression systems.</li> <li>• are able to relate theoretical concepts of self-organization, signaling, and energy transduction to their practical implementation in minimal synthetic cells.</li> <li>• have developed communication skills to present and discuss interdisciplinary research topics within a scientific audience.</li> <li>• are equipped with the conceptual framework to identify and assess potential applications of synthetic cell systems in biomedicine, materials science, and biotechnology.</li> </ul>								
<b>Admissions requirements/Conditions for participation in the module/courses</b>								
<b>Recommended prior knowledge</b>								
<p>Participants should have a solid understanding of basic concepts in chemistry, biochemistry and/or biophysics particularly in areas such as molecular building blocks (DNA, RNA, proteins, and lipids), membrane structure and self-assembly, molecular interactions, and the fundamentals of transcription and translation. Familiarity with experimental methods for studying biomolecular systems—such as fluorescence or confocal microscopy, and molecular modeling—will be advantageous. An interest in interdisciplinary research at the interface of chemistry and biology, and in designing molecular systems that mimic cellular behavior from the scratch, will support active and effective participation in the seminar.</p>								
<b>Organizational details</b>								
<b>Module allocation (degree programme/faculty)</b>				Master Chemistry / FB14				
<b>Module transferrable to other degree programmes</b>				Master Biochemistry / FB14				
<b>Module offered</b>				summer semester				
<b>Duration</b>				1 semester				
<b>Module coordinator</b>				Dr. Chakraborty				
<b>Course requirements for credits</b>								
<b>Participation record</b>				Regular and active participation				
<b>Coursework</b>								
<b>Forms of teaching / learning</b>				Seminar				
<b>Language teaching and instruction</b>				English				
<b>Module assessment</b>				<b>Form / duration / content, if applicable</b>				
<b>Final module assessment</b>				Presentation & discussion (40 min.)				
<b>Cumulative module assessment consisting of</b>								
<b>Composition of the module grade for cumulative module assessment</b>								
			Mode of teaching / study	Semester hours per week	Semester CP			
					1	2	3	4
Advanced Bottom-up Synthetic Biology			S	2		4		
TOTAL				2		4		

## Freier Wahlpflichtbereich

§9 Abs. (6): Im freien Wahlpflichtbereich können Wahlpflichtmodule oder benotete Veranstaltungen im Umfang von bis zu 15 CP absolviert werden, die jeweils mit einer Prüfungsleistung abschließen. Vorschläge für Wahlpflichtmodule sind in der nachfolgend angegeben.

[FW-N.1] <i>Soft Skills</i>	Schlüsselqualifikationen	Wahlpflichtmodul	3 - 9 CP = 120 - 270 h		2 - 6 SWS
			Kontaktstudium 2-6 SWS /30-90 h	Selbststudium 90 - 180 h	
<b>Inhalte</b>					
<p><u>Mentoring / Tutoring</u>: Anleitung studentischer Lerngruppen; Betreuung und Beratung von Studierenden in den Anfangssemestern.</p> <p><u>Patentrecht, Gebrauchsmuster, Design, Marke: Gewerblichen Rechtsschutz</u>: Überblick über die verschiedenen, relevanten Schutzrechte: Patent; Patentanmeldung; Gebrauchsmuster; Design; Marke; Besprechung der Verfahren vor dem Deutschen Patent- und Markenamt (DPMA): Von der Anmeldung bis zur Erteilung/Eintragung; Grundrisse europäischer und internationaler Anmeldeverfahren; Grundzüge des Arbeitnehmererfindungsrechts.</p> <p><u>Scientific English</u>: Bearbeitung englischsprachiger Fachtexte; Darstellung wissenschaftlicher Inhalte in englischer Sprache (Präsentation und Referat); Erarbeitung eines Beitrags für ein wissenschaftliches Journal.</p> <p><u>Deutsch für Studierende mit Deutsch als Fremdsprache</u>: Perfektionierung der deutschen Wissenschaftssprache für Nicht-Muttersprachler.</p> <p>NEU: <u>Aktuelle Aspekte</u>: <i>nur in Kombination mit einer anderen Lehrveranstaltung</i> Beschäftigung mit aktuellen Forschungsthemen aus der Chemie und angrenzenden Disziplinen durch den Besuch der am Fachbereich angebotenen Kolloquien, Vorträge und Symposien. Es müssen min. 15 Vorträge (idR 1,5 h) besucht werden. Die Vorträge stammen aus dem Angebot der jeweiligen Institutskolloquien, Vorträge im Rahmen der SFBs oder sonstiger Sonderveranstaltungen, wie Berufungssymposien oder der Rolf-Sammet-Gastprofessur. Die jeweils aktuellen Termine sind fortwährend im OLAT-Kurs zu finden.</p>					
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>					
<p>Die Studierenden vertiefen Schlüsselqualifikationen wie Präsentationstechniken, Sprachkenntnisse sowie die Anleitung von studentischen Lerngruppen. Dabei üben sie die unterschiedlichen Rollen in Lerngruppen ebenso wie Diskussionsleitung oder Teamarbeit und bauen ihre Kommunikationsfähigkeit und Führungskompetenz aus.</p> <p>Sie erwerben grundlegende Kenntnisse in dem industrielevanten Feld des gewerblichen Rechtsschutzes, wie Patentrecht, Gebrauchsmuster, Design, Marke und gewinnen Einblicke in den Umgang mit geistigem Eigentum, Arbeitnehmererfindungsrecht sowie den Anmeldeverfahren.</p> <p>Sie erlernen das wissenschaftliche Lesen, Verstehen, Übersetzen von wissenschaftlichen Artikel sowie den wissenschaftlichen "Smalltalk" in englischer Sprache. Ferner üben und erlernen sie die Präsentation wissenschaftlicher Ergebnisse in englischer Sprache.</p> <p>Sie erlangen eine vertiefte deutsche Sprachkompetenz um den Lehrveranstaltungen besser folgen zu können und um in schriftliche und mündlichen Prüfungen sich besser ausdrücken zu können.</p> <p>Durch die Kolloquien, Vorträge und Symposien erhalten die Studierenden einen Einblick in aktuelle Forschungsthemen an nationalen und internationalen Universitäten und lernen das wissenschaftliche Präsentieren von Forschungsergebnissen kennen.</p>					
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>					
<p>Bereits im Bachelor absolvierte Veranstaltungen können nicht erneut absolviert werden.</p> <p>Das Seminar „Aktuelle Aspekte“ kann nur in Kombination mit einer anderen Lehrveranstaltung im Modul belegt werden. Es kann zweimal, sowohl im Bachelor als auch im Master belegt werden.</p>					
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>					
Keine					
<b>Organisatorisches</b>					
<p>Patentrecht und Scientific English erfordern eine vorherige Anmeldung, siehe LSF.</p> <p>Aktuelle Aspekte: Im OLAT-Kurs werden Termine aktueller Vorträge bekannt gegeben. Teilnahmenachweis durch Unterschrift Vortragende:r oder Veranstalter:in mit Datum und Titel.</p>					
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		Chemie / FB14			
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		Master Biochemie / FB14 (ohne Aktuelle Aspekte)			
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tutoring/Mentoring, Patentrecht... im Wintersemester</li> <li>- Scientific English im Sommersemester</li> <li>- Deutsch... jedes Semester</li> <li>- Aktuelle Aspekte jedes Semester</li> </ul>			
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester Aktuelle Aspekte 2 Semester			
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Dr. A. Lill / Dr. J. Ferner (Aktuelle Aspekte)			
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>					

<b>Teilnahmenachweise</b>	Regelmäßige und aktive Teilnahme Aktuelle Aspekte: regelmäßige Teilnahme					
<b>Leistungsnachweise</b>	Keine					
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Seminar					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>	Deutsch / English					
<b>Modulprüfung</b>	<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>						
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>	pro Veranstaltung eine Prüfung (max. 3 je nach Wahl der Lehrveranstaltung. Mentoring/Tutoring: Portfolio der Übungsstunden; Patentrecht: Präsentation (15 min.); Scientific English: Präsentation (10 Min.); Deutsch: mündliche Prüfung oder nach Vorgabe des ISZ) Aktuelle Aspekte: keine					
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>	Note als CP-gewichtetes Mittel der abgeschlossenen Modulteilprüfungen					
	LV-Form	SWS	Semester CP			
			1	2	3	4
Mentoring / Tutoring	S	2	3		3	
Patentrecht, Gebrauchsmuster, Design, Marke: Gewerblichen Rechtsschutz	S	2	3		3	
Scientific English	S	2		3		
Deutsch für Studierende mit Deutsch als Fremdsprache	S	2	3	3	3	
Aktuelle Aspekte	S	2			2	
SUMME		2 - 6	3 - 9			

[FW-N.2] <i>Pharmacology</i>	Pharmakologie	Wahlpflicht- modul	6 CP (insg.) = 180 h				4 SWS
			Kontaktstudium 4 SWS / 60 h	Selbststudium 120 h			
<b>Inhalte</b>							
Pharmakodynamik, Pharmakokinetik und Toxikologie von Arzneimitteln; Pathophysiologie und medikamentöse Therapie ausgewählter Erkrankungen; Arzneimittelentwicklung. Etwa zwei Drittel des Seminars wird in Form interaktiver Vorlesungen abgehalten, in der zweiten Hälfte stellen die Studierenden Inhalte in Referaten vor, die in Gruppenarbeit erarbeitet wurden.							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
Das Seminar vermittelt den Studierenden Grundlagenwissen aus den Bereichen der Pharmakologie und Toxikologie auf der Grundlage pathophysiologischer und -biochemischer Gesetzmäßigkeiten. Hierbei lernen die Studierenden, Wissen aus diesem Bereich eigenständig zu erarbeiten und vorzutragen. Mit erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, auf der Basis pathophysiologischer und -biochemischer Erkenntnisse die Wirkungen und Nebenwirkungen von Arzneimitteln bei bestimmten Erkrankungen zu verstehen und zu erklären. Durch die Referate lernen sie insbesondere den Charakter der Arzneimittelentwicklung kennen. Somit erweitert das Modul auch ihr mögliches Berufsspektrum in Richtung Life-Science-Tätigkeiten.							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
Keine							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Keine							
<b>Organisatorisches</b>							
Für das Modul ist eine Anmeldung erforderlich. Die genauen Kursregularien werden zu Beginn des Kurses bekannt gegeben (Einführungsveranstaltung). Mindestteilnehmerzahl: 12 Studierende.							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		Master Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		Bachelor / Master Biochemie / FB14 Master Bioinformatik / FB11					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Sommersemester					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Dr. R. Lu					
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>		Regelmäßige und aktive Teilnahme					
<b>Leistungsnachweise</b>		Präsentation					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Seminar					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Deutsch oder Englisch					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>		Mündliche (20 Min.) oder Schriftliche Abschlussprüfung (Klausur, 60 Min.)					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV- Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Einführung in die Pharmakologie für Studierende der Naturwissenschaften	S	4		6		
	SUMME		4		6		

**Teilimportmodul:**

<b>[FW-N.3]</b> <i>Drug Development</i>	<b>Wirkstoff- und Arznei-mittelentwicklung</b>	<b>Wahlpflichtmodul</b>	<b>5 - 6 CP (insg.) = 150 - 180 h</b> <b>Kontaktstudium</b> <b>2,5 - 4 SWS /</b> <b>37,5 - 60 h</b>	<b>Selbststudium</b> <b>112,5 - 120 h</b>	<b>2,5 - 4 SWS</b>
<b>Inhalte</b>					
<p><i>Es kann entweder die Kombination I: Vorlesung „Wirkstoffdesign – Medizinalchemische Aspekte“ + Seminar „Case study“ ODER die Kombination II: Vorlesung „Wirkstoffdesign – Biochemische Aspekte“ + Seminar „Molekulare Mechanismen von Wirkstoffen“ (II.) besucht werden.</i></p> <p><b>I. Vorlesung „Wirkstoffdesign – Medizinalchemische Aspekte“:</b> Wirkstofftargets, Homologie-Modellierung, Molekulares Docking, biophysikalische Methoden in der Wirkstoffforschung, Prinzipien der Medizinischen Chemie, Leitstruktur-Optimierung, Virtuelles Screening, Bioisosterenersatz, moderne Synthesemethoden, QSAR, Fragment-basiertes Wirkstoffdesign  <b>Seminar „Case study“:</b> Im Rahmen einer selbständig erarbeiteten Präsentation zu einem Beispiel einer erfolgreichen Arzneimittelentwicklung sollen die Studierenden in 2er Gruppen ihr erlerntes Wissen vertiefen, anwenden und gegenseitig präsentieren. Dabei steht die gesamte Wertschöpfungskette der Entwicklung eines Arzneimittels im Fokus, angefangen vom Wirkstoffdesign bis hin zur Marktzulassung.</p> <p><b>II. Vorlesung „Wirkstoffdesign – Biochemische Aspekte“:</b> Identifizierung von Wirkstofftargets; Signalwege, enzymatische Reaktionen und ihre geeigneten Nachweissysteme (Assays); Grundlagen zur Arbeit mit molekularen Strukturen und Datenbankeinträgen; moderne biochemische Methoden für Assay-Development und high-throughput screening: alpha-screen, (TR-)FRET, (bio-)Lumineszenz, BRET, FP; orthogonale Assays und Duplexing; Kontrolle auf off-target Effekte und Toxizität; biophysikalische Methoden in der Wirkstoffsuchforschung, SPR, ITC, DSE, CD; Nutzbarmachung der Strukturbioogie; Beispiele von Wirkstoffentwicklung für neurodegenerative Erkrankungen;  <b>Seminar „Molekulare Mechanismen von Wirkstoffen“:</b> Im Rahmen einer selbständig erarbeiteten Präsentation zu einem Beispiel einer erfolgreichen Arzneimittelentwicklung sollen die Studierenden in 2er Gruppen ihr erlerntes Wissen vertiefen, anwenden und gegenseitig präsentieren. Dabei liegt der Fokus auf den frühen Phasen der Wirkstoffsuchforschung. Anhand von Publikationen zeichnen sie die wichtigsten Schritte von der Target-Validierung über Assay-Entwicklung und Screening, über die Identifizierung geeigneter Scaffolds, orthogonale Assays, die SAR begleitende Testung und geeignete Zelllinien sowie Tiermodelle nach.  <b>Seminar „Aktuelle Aspekte der pharmazeutischen Wissenschaften“:</b> (optional) Seminar-Vorträge zu aktuellen Themen auf dem Gebiet der Wirkstoff- und Arzneimittelforschung  <i>Das Seminar „Aktuelle Aspekte der pharmazeutischen Wissenschaft“ kann optional besucht werden.</i></p>					
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>					
<p>Durch die Vorlesung „Wirkstoffdesign – Medizinalchemische Aspekte“ erlangen die Studierenden einen Einblick in die Wirkstoffforschung. Sie erarbeiten sich ein umfassendes Verständnis der interdisziplinären Ansätze in der Wirkstoffforschung und kennen die fächerübergreifende Herangehensweise bei der Identifizierung und Optimierung neuer Wirkstoffe.</p> <p>Durch die selbständige Bearbeitung eines Fallbeispiels einer erfolgreichen Arzneimittelentwicklung im Rahmen des Seminars Case study sind die Studierenden in der Lage, unter Anwendung ihrer im Masterstudium erworbenen Kompetenzen eigenständig komplexe pharmazeutische Sachverhalte zu recherchieren, aufzubereiten, zu bewerten und verständlich zu präsentieren.</p> <p>Durch die Vorlesung „Wirkstoffdesign – Biochemische Aspekte“ sollen die Studierenden in Lage versetzt werden, für unterschiedliche Zielproteine und Fragestellungen passende Assays zu identifizieren. Sie erarbeiten sich ein umfassendes Verständnis darüber welche unterschiedlichen biochemischen und biophysikalischen Methoden in der Wirkstoffsuchforschung zur Anwendung kommen und wie diese im Wechselspiel mit anderen Disziplinen zur Identifizierung und Optimierung neuer Wirkstoffe beitragen.</p> <p>Durch die selbständige Bearbeitung eines Fallbeispiels einer erfolgreichen präklinischen Wirkstoffentwicklung im Rahmen des Seminars „Molekulare Mechanismen von Wirkstoffen“ vertiefen die Studierenden ihr erlerntes Wissen. Sie sind in der Lage unter Anwendung ihrer im Masterstudium erworbenen Kompetenzen anhand von Publikationen komplexe biochemische Nachweissysteme und Daten aufzuarbeiten, verständlich zu präsentieren und zu bewerten.</p>					
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>					
Keine					
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>					
Keine					
<b>Organisatorisches</b>					
<p>Teilimportmodul, es gelten die Anmelde- und Rücktrittsfristen der Ordnung des Masters Arzneimittelforschung. Es kann nur eine Kombination (I. oder II.) angerechnet werden.</p> <p>Für alle Studierenden, die sich in dem jeweiligen Semester prüfen lassen, finden Präsentationen an einem gemeinsamen Termin statt.</p> <p>Die Anzahl der Teilnehmer*innen in den Vorlesungen „Wirkstoffdesign - Medizinalchemische Aspekte“ + Seminar „Case Study“ und „Wirkstoffdesign – Biochemische Aspekte“ + Seminar „Molekulare Mechanismen von Wirkstoffen“ sind jeweils begrenzt auf max. jeweils 18 Teilnehmer*innen, AMF hat Vorrang. <u>Vorabanmeldung.</u></p>					
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>			Master Arzneimittelforschung / FB14		
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>			Master Biochemie / FB14, Master Chemie / FB14 Teilmodul: M.Sc. Bioinformatik / FB12		

<b>Häufigkeit des Angebots</b>	jedes Semester					
<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>	Prof. Proschak, Dr. Hofmann					
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>						
<b>Teilnahmenachweise</b>	Seminare: Regelmäßige und aktive Teilnahme					
<b>Leistungsnachweise</b>	Keine					
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung, Seminar					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>	Deutsch					
<b>Modulprüfung</b>	<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>	Präsentation (20 Min.)					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>						
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>						
	LV-Form	SWS	Semester CP			
			1	2	3	4
I. Wirkstoffdesign – Medizinalchemische Aspekte	V	2	3			
Case Study	S	0,5	2			
II. Wirkstoffdesign – Biochemische Aspekte	V	2	3			
Molekulare Mechanismen von Wirkstoffen	S	0,5	2			
Optional: Aktuelle Aspekte der pharmazeutischen Wissenschaften	S	1,5	1			
SUMME		2,5-4	5-6			

**Importmodul:**

[FW-N.4] <i>Computational Drug Design</i>	<b>Computerorientierte Medikamentenentwicklung</b>	<b>Wahlpflichtmodul</b>	<b>5 CP (insg.) = 150 h</b>				<b>4 SWS</b>
			<b>Kontaktstudium</b> 4 SWS / 60 h	<b>Selbststudium</b> 90 h			
<b>Inhalte</b>							
<p><u>Lecture:</u> The theory and application of computational methods used in drug design and discovery are presented in an application-oriented way. For this purpose, different computational methods, such as docking, modeling, ligand-based approaches, bioinformatic approaches as well as molecular dynamics (MD) simulation-based methods, are introduced. Their applications in drug design will be discussed with numerous examples from published scientific literature. Furthermore, for each method the widely used softwares will be introduced and exercises utilising these software are integrated into the lectures.</p> <p><u>Practical course:</u> During the practical part, the individual methods are applied to simple problems of drug design. The topics offer a wide variety of computational methods spanning theoretical biophysics, biochemistry, and medicinal chemistry.</p>							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
The goal of this module is to introduce the students to the modern computational tools widely used for drug design. Students understand the theory, application, and limitations of each method and would be able to use them for specific projects. Through the focus on sample programs, students learn how to use computational methods in different projects.							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
Keine							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Basic knowledge of programming and Linux environment, bachelor-level knowledge of organic chemistry as well as good knowledge of protein chemistry and structure. Use your own laptop during the lecture.							
<b>Organisatorisches</b>							
Importmodul, es gelten die Anmelde- und Rücktrittsfristen der Ordnung des Masters Biophysik. (Die Prüfung erfordert eine online Anmeldung, spätestens sieben Tage vor dem Prüfungstermin. Bis ein Werktag vor dem Prüfungstermin ist der Rücktritt ohne Angabe von Gründen möglich.)							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		Master Biophysik / FB13					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		Master Biochemie / FB14					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Wintersemester					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Prof. Hummer					
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>		Keine					
<b>Teilnahmenachweise</b>		Keine					
<b>Leistungsnachweise</b>		Keine					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Praktikum					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Englisch					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>		Schriftliche (Klausur 90 Min.) oder mündliche (30 Min.) Abschlussprüfung zur Vorlesung					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Computational Drug Design	V	2	3		3	
	Computational Drug Design	P	2	2		2	
	SUMME		4	5			

[FW]	<b>Synthesis and Applications of Inorganic Nanomaterials</b>	<b>Wahlpflichtmodul</b>	<b>5 CP (insg.) = 150 h</b>				<b>3 SWS</b>
			<b>Kontaktstudium</b> 3 SWS / 45 h	<b>Selbststudium</b> 105 h			
<b>Inhalte</b>							
	Methodologies for the synthesis of nanoscale, inorganic materials of different dimensionality (0D-2D) will be presented. Specific attention will be paid to the initial nucleation events and growth phenomena representing fundamental processes in inorganic materials chemistry. Materials of interest include carbon and metal nanostructures as well as semiconductors of different composition such as group IV, III/V and II/VI etc.. The module introduces techniques for the control of morphologies at the nanoscale and tailored processes for the preparation of nanoparticles, nanowires, nanotubes and thin films. In addition, applications based on nanomaterials in the context of energy technologies, electronics, sensing etc. will be discussed.						
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
	The students will - have knowledge in nanostructure fabrication techniques based on bottom-up solution and gas phase techniques - understand the atomistic principles of different nucleation events and growth models - are able to select suitable characterization techniques for nanostructures - understand the impact/influence of surfaces and interfaces on nanostructure formation - are able to transfer the gained knowledge to problems of materials application and state-of-the-art research topics						
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
	Keine						
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
<b>Organisatorisches</b>							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		M.Sc. Chemie / FB14 M.Sc. Biochemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		Keine					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Vorlesung: einmal im Jahr (im Sommersemester)					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Dr. Sven Barth					
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>		Keine					
<b>Leistungsnachweise</b>		Keine					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Englisch, Prüfung Deutsch/Englisch					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>		Schriftliche (90 Min.) oder mündliche (45 Min.) Abschlussprüfung (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Synthesis and Applications of Inorganic Nanomaterials	V	2	3			
	Synthesis and Applications of Inorganic Nanomaterials	Ü	1	2			
	SUMME		3	5			

[UW-UC2] <i>Enviromental Analysis II</i>	Umweltanalytik II	Wahlpflicht-modul	3-9 CP = 90-270 h		2-7 SWS				
			Kontaktstudium 2-7SWS / 30-120h	Selbststudium 60-150 h					
<b>Inhalte</b>									
<p>Das Modul umfasst eine Vorlesung zu den Methoden der Umweltchemie, ein Praktikum sowie ein Seminar. Das umweltanalytische Seminar sollte im dritten Semester (Wintersemester) unmittelbar vor dem umweltanalytischen Praktikum absolviert werden. Das umweltanalytische Praktikum findet in der vorlesungsfreien Zeit im Anschluss an das dritte Semester statt.</p> <p><i>Das Praktikum und Seminar sind für Chemie-Studierende optional (WPF).</i></p>									
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>									
<p>In der Vorlesung „Methoden der Umweltchemie“ werden die wichtigsten analytischen Methoden zur organischen und anorganischen Spurenanalytik vermittelt. Insbesondere liegt der Schwerpunkt auf dem analytischen Workflow bestehend aus Probenvorbereitung (Anreicherungstechniken), Trennmethode (Chromatographie), und Detektion (Massenspektrometrie). Anwendungsbeispiele aus der Umweltanalytik werden besprochen.</p> <p>Die Studierenden werden im umweltanalytischen Praktikum mit spurenanalytischen Methoden der organischen Geochemie, Hydrochemie und Atmosphärenchemie vertraut gemacht. Dazu gehören verschiedene Methoden der Probenvorbereitung und der Extraktion (Sohxlet-Extraktion, Festphasenextraktion, Festphasen-Mikroextraktion). Als analytische Trenn- und Detektionsverfahren werden die Gaschromatographie mit Flammenionisationsdetektor und Gaschromatographie gekoppelt mit Massenspektrometrie eingesetzt. Weiterhin werden elementaranalytische Verfahren und UV/Vis-spektroskopische Methoden eingesetzt und für die Bestimmung organischer Summenparameter genutzt.</p> <p>Die Studierenden sollen befähigt werden, spurenanalytische Methoden im Labor selbständig einzusetzen. Sie werden mit der computergestützten Auswertung und der Interpretation der Ergebnisse vertraut gemacht. Das umweltanalytische Seminar wird als Vorbereitung für das umweltanalytische Praktikum angeboten. Das Ziel der Veranstaltung besteht darin, grundlegende Begriffe der Spurenanalytik zu erlernen. Hierzu sollen die Studierenden einen vorgegebenen Artikel aus einer wissenschaftlichen Fachzeitschrift präsentieren und kritisch diskutieren.</p>									
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>									
Erfolgreiche Teilnahme an der Vorlesung „Methoden der Umweltchemie“ für das „Umweltanalytische Praktikum“.									
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>									
Keine									
<b>Organisatorisches</b>									
Importmodul, es gelten die Anmelde- und Rücktrittsfristen der Ordnung des Masters Umweltwissenschaften. (Die Prüfung erfordert eine online Anmeldung, spätestens 14 Tage vor dem Prüfungstermin. Bis eine Woche vor dem Prüfungstermin ist der Rücktritt ohne Angabe von Gründen möglich.)									
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		Master Umweltwissenschaften / FB 11							
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		M.Sc. Chemie, M.Sc. Geowissenschaften							
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Jährlich im Wintersemester, Praktikum und Seminar als Blockkurs (2 Wochen ganztägig) nach dem Wintersemester							
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester							
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Prof. Dr. Alexander Vogel							
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>									
<b>Teilnahmenachweise</b>		TN für Praktikum und Seminar							
<b>Leistungsnachweise / Studienleistung</b>		-							
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Praktikum, Seminar							
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Deutsch							
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>							
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>		<i>wenn nur die Vorlesung besucht wird:</i> Klausur zur Vorlesung							
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>		Klausur zur Vorlesung, Bewertung des Praktikumsprotokolls und des Seminarvortrags							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>		Die Modulnote errechnet sich aus den Bewertungen der Klausur, des Praktikumsprotokolls (20-30 Seiten) und des Seminarvortrags im Verhältnis von 2:2:1 (gewichtetes arithmetisches Mittel)							
		LV-Form	SWS	Semester CP					
				1	2	3	4	5	6
	Pflicht: Methoden der Umweltchemie (Dr. Lars Müller)	V	2			3		3	
	WPF: Umweltanalytisches Praktikum	P	4			4		4	
	WPF: Umweltanalytisches Seminar	S	1			2		2	
	SUMME		7					3 - 9	



<b>[FW]</b> <i>Moderne statistische Datenanalyse für Anwender</i>	<b>Modern Statistical Data Analysis for Practitioners</b>	<b>Wahlpflichtmodul</b>	<b>5 CP (insg.) = 150 h</b>				<b>4 SWS</b>
			<b>Kontaktstudium</b> <b>4 SWS / 60 h</b>	<b>Selbststudium</b> <b>90 h</b>			
<b>Inhalte</b>							
	We introduce the basics of probability theory, classical statistics, and classical error analysis (p-values, confidence intervals), which serves as the starting point to explore modern methods of statistics (Maximum Likelihood, Bayes). We use these methods to extract information from noisy data through (non-) linear parameter estimation (fitting) and model comparison. We show how to analyze data containing dynamical information by time series analysis (correlation functions, error analysis) and Markov-Chain models and kinetic models described by rate equations. We introduce and discuss the main concepts of machine learning and discuss supervised and unsupervised learning. We introduce and discuss clustering methods to analyze high-dimensional data. We give a primer on neural networks and how to train them by using state-of-the-art software.						
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
	The overarching goal is to equip the students with the necessary statistical tools to extract information from noisy data reliably and with quantified uncertainties. The students should be able to identify the common pitfalls of statistical data analysis in their own work and be able to critically assess the quality of published data and statistical analysis. In the practical course, students learn the tools to achieve these goals in practice.						
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
	Keine						
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
	Basic knowledge of physics and mathematics. Programming experience in any language is desirable. In the practical course, we read, minimally adapt, and run Python code.						
<b>Organisatorisches</b>							
	Importmodul, es gelten die Anmelde- und Rücktrittsfristen der Ordnung der Masters Biophysik. (Die Prüfung erfordert eine online Anmeldung, spätestens sieben Tage vor dem Prüfungstermin. Bis ein Werktag vor dem Prüfungstermin ist der Rücktritt ohne Angabe von Gründen möglich.)						
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>	M.Sc. Biophysik / FB13						
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>	M.Sc. Biochemie (M.Sc. Chemie / FB 14)						
<b>Häufigkeit des Angebots</b>	Einmal im Jahr (im Wintersemester)						
<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester						
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>	Dr. Jürgen Köfinger, Dr. Roberto Covino, Dr. Jakob T. Bullerjahn						
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>	Übung: Regelmäßige und aktive Teilnahme, Bearbeitung der Übungen						
<b>Leistungsnachweise</b>							
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung, Übung						
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>	Englisch						
<b>Modulprüfung</b>	<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>						
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>	Mündlichen Prüfung (30 Min.) oder Klausur (120 Min.)						
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Moderne Statistische Datenanalyse für Anwender (Modern Statistical Data Analysis for Practitioners)	V+Ü	2.5+1.5	<b>x</b>		<b>x</b>	
	SUMME						

## Pflichtmodul Forschungspraktika

<i>Scientific Internships</i> I - IV	<b>Forschungspraktika I – IV</b>	<b>Pflichtmodul</b>	<b>je 7 CP (jeweils) = 210 h</b>				<b>je 20 Arbeitstage</b>
			<b>Kontaktstudium je 160 h</b>	<b>Selbststudium je 50 h</b>			
<b>Inhalte</b>							
<p>Literatursuche; Einarbeitung in wissenschaftliche Fragestellungen; Bearbeitung eines Forschungsprojekts mit begrenztem Umfang; Abfassung eines Protokolls; Präsentation des Projekts</p> <p>Forschungspraktika sind in min. <b>drei verschiedenen Arbeitsgruppen</b> zu absolvieren, dabei min. <b>zwei in der Lehreinheit Chemie</b>.</p> <p><b>Zwei</b> Forschungspraktika können <b>extern</b> in einer anderen naturwissenschaftlichen Lehreinheit (z.B. Biochemie, Pharmazie, Physik...), an einer anderen Universität oder an einer Forschungseinrichtung und <b>eines</b> der beiden auch in der Industrie durchgeführt werden.</p> <p>Zwei Forschungspraktika können in Form eines <b>Auslandsstudiums</b> zusammengelegt und um das Vertiefungspraktikum (4 Wochen) erweitert werden, sodass eine maximale Praktikumsdauer von 12 Wochen im Ausland (in einer Arbeitsgruppe) möglich ist.</p> <p><i>Sofern das Praktikum außerhalb einer Universität oder im Ausland absolviert wird, wird ein/e zweiter Betreuer/In aus der Lehreinheit Chemie benötigt, dem/der das Protokoll vorgelegt werden muss und der/die die Endbenotung vornimmt.</i></p>							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
<p>Durch die Tätigkeit in einer Arbeitsgruppe und die Bearbeitung eines konkreten wissenschaftlichen Projekts erhalten die Studierenden einen Einblick in die Forschung. Sie erfahren, wie man eine wissenschaftliche Arbeit verfasst (Aufbau, Stil, Zitierweise, Angabe von experimentellen Daten). Darüber hinaus sind die Forschungspraktika eine wertvolle Hilfe bei der Auswahl des Forschungsgebiets für die Masterarbeit.</p>							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
<p>Ein neues Forschungspraktikum darf erst begonnen werden, wenn das Protokoll zum vorherigen Forschungspraktikum abgegeben wurde. Dies muss dem Prüfungsamt nachgewiesen werden.</p> <p>Ohne Bachelorabschluss dürfen keine Forschungspraktika absolviert werden.</p>							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Keine							
<b>Organisatorisches</b>							
Eine Anmeldung sowohl bei dem/der Arbeitsgruppenleiter/In als auch beim Prüfungsamt ist erforderlich.							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>			M.Sc. Chemie / FB14				
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>							
<b>Häufigkeit des Angebots</b>			Jedes Semester, nach Absprache mit den Arbeitsgruppenleiter/Innen				
<b>Dauer des Moduls</b>			1 Semester (je 20 Arbeitstage)				
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>			Vorsitzender des Prüfungsausschusses				
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>			Keine				
<b>Teilnahmenachweise</b>			Keine				
<b>Leistungsnachweise</b>			Keine				
<b>Lehr- / Lernformen</b>			Praktikum				
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>			Deutsch oder Englisch				
<b>Modulprüfung</b>			<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>				
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>							
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>			Protokoll und praktischer Laborarbeit				
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>			Aus beiden Teilen wird eine Note als Gesamtwürdigung gebildet.				
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
Vier Forschungspraktika (je 20 Arbeitstage)		P		je 7			
SUMME				je 7			

## Pflichtmodul Masterarbeit

<i>Master thesis</i>	<b>Masterarbeit</b>	<b>Pflichtmodul</b>	<b>30 CP (insg.) = 900 h</b>				<b>6 Mo- nate</b>
<b>Inhalte</b>							
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Selbständige wissenschaftliche Arbeit im Rahmen eines vorgegebenen Themas</li> <li>- Projektplanung und -durchführung</li> <li>- Wissenschaftliche Dokumentation</li> <li>- Datenanalyse und -interpretation</li> <li>- Schriftliche Darstellung wissenschaftlicher Ergebnisse in einer für das Fachpublikum verständlichen Form</li> <li>- Graphische Aufbereitung wissenschaftlicher Ergebnisse</li> <li>- Teilnahme am Seminar der Arbeitsgruppe, in der die Masterarbeit angefertigt wird</li> <li>- Präsentation der wissenschaftlichen Arbeit im Arbeitsgruppenseminar</li> </ul>						
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
	<p>Die Studierenden werden an das selbständige wissenschaftliche Arbeiten herangeführt. Die Masterarbeit umfasst das strategische Planen eines Projektes sowie dessen praktische Umsetzung. Die erlernten Fach- und Methodenkompetenzen aus dem Chemie-Studiengang werden angewendet und die Ergebnisse der Arbeit schriftlich dokumentiert sowie kritisch diskutiert. Die Studierenden vertiefen ihre schriftliche Ausdrucksfähigkeit.</p>						
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
	Für die Zulassung der Masterarbeit müssen 60 CP nachgewiesen werden.						
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
	Keine						
<b>Organisatorisches</b>							
	<p>Masterarbeiten können unter der Betreuung von einer Person aus dem Kreis der Prüfungsberechtigten (§20 der Prüfungsordnung) angefertigt werden. Mit Zustimmung der oder des Vorsitzenden des Prüfungsausschusses kann die Masterarbeit auch in einer Einrichtung außerhalb der Johann Wolfgang Goethe-Universität angefertigt werden. In diesem Fall muss das Thema in Absprache mit einem Mitglied der Professorengruppe des Fachbereichs Biochemie, Chemie und Pharmazie gestellt werden.</p> <p>Wird die Arbeit in englischer Sprache verfasst, ist eine deutsche Zusammenfassung erforderlich.</p>						
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>	M.Sc. Chemie / FB14						
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>							
<b>Häufigkeit des Angebots</b>	jederzeit nach Absprache mit den Arbeitsgruppenleiter/Innen						
<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester						
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>	Vorsitzende des Prüfungsausschusses						
<b>Studiennachweise/ ggf. als Prüfungsvorleistungen</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>	Arbeitsgruppenseminar: Anwesenheitspflicht						
<b>Leistungsnachweise</b>	Keine						
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Angeleitetes Arbeiten im Labor						
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>	Deutsch / Englisch						
<b>Modulprüfung</b>	<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>						
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>	Schriftliche Masterarbeit (6 Monate, i.d.R. ca. 70 Seiten, überschreitet i.d.R. nicht 90 Seiten)						
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV- Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Masterarbeit (6 Monate)	MA					30
	SUMME						30