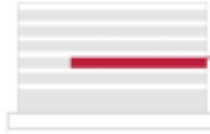




Technische
Universität
Braunschweig



FAKULTÄT FÜR LEBENSWISSENSCHAFTEN
STUDIENDEKANAT CHEMIE

Masterstudiengang Chemie

PO 2

Modulhandbuch

Version 12/2023

Studiendekanat Chemie, Biochemie, Lebensmittelchemie
Universitätsplatz 2
38106 Braunschweig
0531 - 391 - 5707 / - 5161
studiendekanatchemie@tu-bs.de

Abkürzungen für Lehrveranstaltungsformen:

V	Vorlesung
Ü	Übung (Hörsaalübung)
gS	großes Seminar
kS	kleines Seminar
SP-kS	Saalpraktikum oder Stationenpraktikum
P	Praktikum
Ex	Exkursion
KGP	Projektpraktikum (Kleingruppenprojekt)

CM-P-1 Molekülspektroskopie / Molecular Spectroscopy				
Pflicht / mandatory	work load 150 h	Leistungspunkte / credits 5 CP	Studiensemester / semester 1-2	Dauer / duration 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen / courses: CM-P-1a Molekülspektroskopie / Molecular Spectroscopy (V) CM-P-1b Übung Molekülspektroskopie / Exercise Molecular Spectroscopy (Ü)	Kontaktzeit face-to-face 42 h 14 h	Selbststudium / self-study 78 h 16 h	Leistungspunkte / credits 4 CP 1 CP
2.	Qualifikationsziele und Inhalte / qualification goals and content <u>Qualifikationsziele / qualification goals:</u> [DEU] Die Studierenden verstehen das Konzept der chemischen Bindung auf quantenchemischer Basis und sind in der Lage, den Aufbau und die Struktur von Molekülen zu erklären. Sie verstehen den Einfluss von elektromagnetischen Wechselfeldern auf Atome und Moleküle und sind in der Lage selbstständig quantitative Aussagen über Absorption und Emission von Licht mithilfe von Übergangsdipolmomenten und –dichten zu machen. Sie besitzen ein vertieftes theoretisches Verständnis über die spektroskopischen Eigenschaften von Atomen und Molekülen sowie moderne spektroskopische Techniken und können deren Einsatz zur Ermittlung der Molekülstruktur planen und beurteilen. [ENG] Students understand the concept of chemical bonding on a quantum chemical basis and are able to explain the structure of molecules. They understand the influence of alternating electromagnetic fields on atoms and molecules and are able to make independent quantitative statements about the absorption and emission of light using transition dipole moments and densities. They will have a thorough theoretical understanding of the spectroscopic properties of atoms and molecules and of modern spectroscopic techniques, and will be able to plan and evaluate their use to determine molecular structures <u>Inhalte / content:</u> <i>Vorlesung:</i> Einführung in quantenmechanische Beschreibung der chemischen Bindung, Übergangsdipolmoment und –dichte. Auswahlregeln, Symmetrie von Orbitalen, Theorie der Atom- und Molekülspektren, moderne experimentelle Techniken in der Spektroskopie (UV-VIS-Spektroskopie, Fluoreszenzspektroskopie, IR-, Raman- und Nichtlineare Spektroskopie). <i>Übung:</i> Vertiefung und Festigung des in der Vorlesung dargebotenen Stoffs, Bearbeitung von Übungsaufgaben. <i>Lecture:</i> Introduction to quantum mechanical description of chemical bonding, transition dipole moment and density. Selection rules, symmetry of orbitals, theory of atomic and molecular spectra, modern experimental techniques in spectroscopy (UV-VIS spectroscopy, fluorescence spectroscopy, IR, Raman and nonlinear spectroscopy). <i>Excercise:</i> Reinforcement and consolidating the material presented in the lecture, working on exercises.			
3.	Verwendbarkeit des Moduls / application of the module: Masterstudiengang Chemie / Master's programme in Chemistry			
4.	Teilnahmevoraussetzungen / prerequisites: Keine / none			
5.	Lehr- und Lernformen: Vorlesung / Übung // lecture and exercise			
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten / prerequisite for earning credits/type of assessment or examination: Bearbeitung von Übungsaufgaben / Completing Exercises (SL) Mündliche Prüfung oder Klausur / Oral exam or written exam (PL) nach BPO §5 (3)			
7.	Häufigkeit des Angebots / frequency of courses: jedes Sommersemester / every summer term			
8.	Lehrende / lecturers: xx (Modulverantwortlicher / module convener), Walla			

CM-P-2 Reaktionsmechanismen / Reaction mechanisms					
Pflicht / mandatory		work load 120 h	Leistungspunkte credits 4 CP	Studiensemester / semester 1-2	Dauer / duration 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen: CM-P-2a Reaktionsmechanismen / Reaction mechanisms (V) CM-P-2b Reaktionsmechanismen / Reaction mechanisms (Ü)	Kontaktzeit / Face-to-face 28 h 14 h	Selbststudium Self-study 62 h 16 h	Leistungspunkte credits 3 CP 1 CP	
2.	<p>Qualifikationsziele und Inhalte / intended learning outcomes and course content</p> <p><u>Qualifikationsziele / intended learning outcomes:</u> [DEU] Die Studierenden verstehen die chemische Reaktivität von organischen Molekülen und sind in der Lage, chemische Reaktionen gezielt zur Modifikation von Molekülen anzuwenden. Dabei sind sie fähig, die zugrundeliegenden organisch-chemischen Reaktionsmechanismen zu formulieren und zu klassifizieren. Mit deren Hilfe gelingt es ihnen, sinnvolle Aussagen über den Erfolg geplanter Reaktionswege vom Ausgangs- zum Zielmolekül machen zu können sowie Haupt- und Nebenprodukte zu erklären. Die Studierenden kennen Methoden zur Aufklärung von Reaktionsmechanismen und können deren Einsatzbreite und Aussagekraft beurteilen und diskutieren. [ENG] The students understand the chemical reactivity of organic molecules and are able to apply chemical reactions specifically to modify molecules. They are able to formulate and classify the underlying organic chemical reaction mechanisms. With their help, they are able to make meaningful statements about the success of planned reaction paths from the starting molecule to the target molecule and to explain the main and by-products. The students know methods to explain reaction mechanisms and can assess and discuss their range of application and significance.</p> <p><u>Inhalte / course content:</u> <i>Vorlesung:</i> Orbitale und Stereochemie, Enolatchemie, Radikalreaktionen, photochemische Reaktionen pericyclische Reaktionen, Umlagerungen, Übergangsmetall-katalysierte Kreuzkupplungen, C-H-Aktivierung, Metathese, Organokatalyse, Photoredoxkatalyse, Methoden zur Aufklärung von Reaktionsmechanismen, Kinetik organisch-chemischer Reaktionen. <i>Lecture:</i> Orbitals and stereochemistry, enolate chemistry, radical reactions, photochemical reactions, pericyclic reactions, rearrangements, transition metal-catalyzed cross-coupling, C-H activation, metathesis, organocatalysis, photoredox catalysis, methods to elucidate reaction mechanisms, kinetics of organic chemical reactions. <i>Übungen:</i> Vertiefung und Festigung des in der Vorlesung dargebotenen Stoffs, Bearbeitung von Übungsaufgaben. <i>Exercise:</i> Deepening and consolidating the material presented in the lecture, working on exercises.</p>				
3.	Verwendbarkeit des Moduls / application of the module: Masterstudiengang Chemie / Master's programme in Chemistry				
4.	Teilnahmevoraussetzungen/prerequisites: Keine / none				
5.	Lehr- und Lernformen / course types: Vorlesung / Übung // lecture / exercise				
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten // prerequisite for earning credits/type of assessment or examination: Mündliche Prüfung oder Klausur / oral or written exam (PL) nach BPO §5 (3)				
7.	Häufigkeit des Angebots frequency of courses: jedes Sommersemester / every summer term				
8.	Lehrende / lecturers: Lindel, Schulz, N.N. (Modulverantwortlicher / module convener)				

CM-P-3 Instrumentelle Analytik				
Pflicht	work load 150 h	Leistungspunkte 5 CP	Studiensemester 1-2	Dauer 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen: CM-P-3a Praktikum Analytische Chemie (SP-kS) CM-P-3b Seminar zum Praktikum Analytische Chemie (gS)	Kontaktzeit 56 h 14 h	Selbststudium 64 h 16 h	Leistungspunkte 4 CP 1 CP
2.	Qualifikationsziele und Inhalte <u>Qualifikationsziele:</u> Die Studierenden besitzen Kenntnisse über die Anwendung moderner Methoden und Arbeitstechniken der instrumentellen analytischen Chemie und der Elektroanalytik, die für alle Bereiche der Chemie von Wichtigkeit sind. Für den qualitativen und quantitativen Nachweis anorganischer und organischer Substanzen können sie analytische Messungen planen, durchführen und bewerten. <u>Inhalte:</u> <i>Praktikum:</i> Übungen in verschiedenen Messtechniken: Gaschromatographie (GC), Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC), Massenspektrometrie (MS), Atomabsorptionsspektrometrie (AAS), optische Emissionsspektrometrie (ICP-OES), Ionenchromatographie (IC), Photometrie, Polarographie. <i>Seminar:</i> Vertiefung des Praktikumsstoffes bezüglich Planung, Anwendung und Bewertung moderner Methoden der instrumentellen Analytik und Elektroanalytik, Klausurvorbereitung.			
3.	Verwendbarkeit des Moduls: Masterstudiengang Chemie			
4.	Teilnahmevoraussetzungen: keine			
5.	Lehr- und Lernformen: Stationenpraktikum / großes Seminar			
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten: Experimentelle Arbeit (SL) Mündliche Prüfung oder Klausur (PL) nach BPO §5 (3)			
7.	Häufigkeit des Angebots: Jedes Semester			
8.	Lehrende Kolb, Wichmann (Modulverantwortlicher), N.N.			

CM-P-4 Organometallchemie / Organometallic Chemistry				
Pflicht mandatory	work load 120 h	Leistungspunkte credits 4 CP	Studiensemester / semester 1-2	Dauer duration 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen / courses: CM-P-4a Organometallchemie (V) CM-P-4b Übung Organometallchemie (Ü)	Kontaktzeit Face-to-face 28 h 14 h	Selbststudium Self-study 62 h 16 h	Leistungspunkte credits 3 CP 1 CP
2.	Qualifikationsziele und Inhalte / intended learning outcomes and course content <u>Qualifikationsziele / intended learning outcomes:</u> [DEU]Die Studierenden beherrschen weiterführende Konzepte der Chemie der Metalle, der Koordinationschemie und der Organometallchemie. Sie verstehen die Rolle von Metallen in der Natur und sind mit den Grundlagen der Bioanorganischen und Biometallorganischen Chemie vertraut. Sie können mit Hilfe moderner Bindungskonzepte die Struktur und Eigenschaften von Metallkomplexen diskutieren und vorhersagen und besitzen Kenntnisse über den Einsatz von Übergangsmetallverbindungen in industriellen Verfahren. Sie kennen die Prinzipien der homogenen und heterogenen Katalyse und sind in der Lage, wichtige Elementarreaktionen zu Katalysezyklen zusammenzuführen und Katalysezyklen zu formulieren. [ENG] Students will master advanced concepts in the chemistry of metals, coordination chemistry, and organometallic chemistry. They understand the role of metals in nature and are familiar with the fundamentals of bioinorganic and bioorganometallic chemistry. They can discuss and predict the structure and properties of metal complexes using modern bonding concepts and have knowledge of the use of transition metal complexes in industrial processes. They know the principles of homogeneous and heterogeneous catalysis and are able to combine important elementary reactions into catalytic cycles and formulate them. <u>Inhalte / course content:</u> <i>Vorlesung:</i> Koordinationschemie der Übergangsmetalle, Zentralatom- und Ligandentypen, Koordinationszahlen, geometrische Anordnungen, Bindung in Übergangsmetallkomplexen (Valenzbindungstheorie, Kristallfeldtheorie, Molekülorbitaltheorie), Isolobal-Prinzip, Carbonylkomplexe, Substitutions- und Redoxreaktionen, Übergangsmetallhydride und Diwasserstoffkomplexe, iso(valenz)-elektronische Liganden zu CO, Metall-Alkylkomplexe, katalytische Elementarreaktionen (oxidative Addition, reduktive Eliminierung, Insertionen, Hydrideliminierungen), katalytische Verfahren (Hydroformylierung, Essigsäure-Darstellung, Olefinpolymerisation, Hydrierungen, Wacker-Verfahren), Carben- (Alkyliden-) und Carbin- (Alkylidin-) Komplexe, Olefin- und Alkinmetathese, Komplexe mit π -Liganden (Olefin-, Alkin, Allyl-, Cyclopentadienyl-, Arenkomplexe), Sandwichverbindungen, spektroskopische Methoden zur Strukturaufklärung in der metallorganischen Chemie (IR, NMR), Vorkommen und biologische Funktionen anorganischer Elemente, insb. der Spurenelemente Co, Fe, Cu und Zn, Cobalamine, Hämoproteine, FeS-Cluster und Nichthäm-Eisen, Kupfer- und Zinkproteine. <i>Übung:</i> Vertiefung des Vorlesungsstoffs durch Beispiele und Übungsaufgaben, Klausurvorbereitung.			

	<p>Lecture: Coordination chemistry of transition metals, central atoms and ligand types, coordination numbers, geometries of complexes, bonding in transition metal complexes (valence bond theory, crystal field theory, molecular orbital theory), isolobal principle, carbonyl complexes, substitution and redox reactions, transition metal hydrides and dihydrogen complexes, iso(valence)-electronic ligands to CO, metal-alkyl complexes, catalytic elementary reactions (oxidative addition, reductive elimination, insertions, hydride eliminations), catalytic processes (hydroformylation, acetic acid preparation, olefin polymerization, hydrogenations, Wacker process), carbene (alkylidene) and carbyne (alkylidyne) complexes, olefin and alkyne metathesis, complexes with π-ligands (olefin, alkyne, allyl, cyclopentadienyl, arene complexes), sandwich compounds, spectroscopic methods for structure elucidation in organometallic chemistry (IR, NMR), occurrence and biological functions of inorganic elements, especially the trace elements Co, Fe, Cu and Zn, cobalamins, hemoproteins, FeS clusters and non-heme iron, copper and zinc proteins.</p> <p>Exercise: Consolidation of the lecture material by examples and exercises, exam preparation.</p>
3.	<p>Verwendbarkeit des Moduls/application of the module: Masterstudiengang Chemie / Master's programme in Chemistry</p>
4.	<p>Teilnahmevoraussetzungen/prerequisites: Keine / none</p>
5.	<p>Lehr- und Lernformen/course type: Vorlesung / Übung // Lecture / Exercise</p>
6.	<p>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten // prerequisite for earning credits/type of assessment or examination: mündliche Prüfung oder Klausur (PL) nach BPO §5 (3) Oral or Written Exam</p>
7.	<p>Häufigkeit des Angebots/frequency of courses: Jedes Wintersemester / every winter term</p>
8.	<p>Lehrende / lecturers Tamm (Modulverantwortlicher, module convener), Walter</p>

CM-A-1 Mikrobiologie					
Wahlpflicht		work load 240 h	Leistungspunkte 8 CP	Studiensemester 1-3	Dauer 2 Semester
1.	Lehrveranstaltungen CM-A-1a Einführung in die Mikrobiologie (V) CM-A-1b Mikrobiologisches Seminar (kS) CM-A-1c Mikrobiologisches Einführungspraktikum (SP- kS)		Kontaktzeit 14 h 28 h 84 h	Selbststudium 56 h 32 h 36 h	Leistungspunkte 2 CP 2 CP 4 CP
2.	Qualifikationsziele und Inhalte <u>Qualifikationsziele:</u> Die Studierenden besitzen Grundkenntnisse der Biologie von Mikroorganismen, deren Zellstrukturen, Physiologie, Genetik und Ökologie sowie von mikrobiologischen Arbeitstechniken und Methoden. Sie werden befähigt, ihre Kenntnisse in Theorie und Praxis selbständig anzuwenden, Zusammenhänge zu erkennen und Arbeitsergebnisse zu bewerten. Sie werden befähigt, sich in neuere mikrobiologische Fragestellungen unter Verwendung neuerer wissenschaftlicher Publikationen einzuarbeiten. Sie erwerben Kompetenz in Präsentation und Vortragstechnik. Sie sind in der Lage, selbständig, sicher und fachgerecht wissenschaftliche Problemstellungen in Praktika und in Forschungslaboratorien zu bearbeiten. <u>Inhalte:</u> <i>Vorlesung:</i> Überblick über die Mikroorganismen, Struktur und Funktion von Prokaryoten, Zellwandaufbau, Oberflächenstrukturen, Wachstum und Kultivierung von Mikroorganismen, bakterielle Zellteilung, genereller Energie- und Leistungsstoffwechsel, Stoffwechselvielfalt der Mikroorganismen. <i>Seminar:</i> Referate der Studierenden an Hand aktueller Literatur über aktuelle Entwicklungen in der mikrobiologischen Forschung; Anfertigung einer kurzen Zusammenfassung für die Aushändigung an die Seminarteilnehmer. <i>Praktikum:</i> Mikrobiologische Grundtechniken, Sicherheit im mikrobiologischen Labor, aseptisches Arbeiten, Sterilisationsmethoden, Mikroskopie, Färbung von Bakterien, Kulturtechniken, Anaerobierkulturtechniken, Zellzahlbestimmung, Identifizieren von Bakterien, Anreicherung von Mikroorganismen, Gewinnung einer Reinkultur.				
3.	Verwendbarkeit des Moduls Masterstudiengang Chemie				
4.	Teilnahmevoraussetzungen keine				
5.	Lehr- und Lernformen Vorlesung / Seminar / Saalpraktikum				
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten Experimentelle Arbeit (SL), Referat (SL), Klausur oder mündliche Prüfung (PL) nach BPO §5 (3)				
7.	Häufigkeit des Angebots Vorlesung: Jedes Wintersemester; Seminar: Jedes Sommersemester; Praktikum: Jedes Semester				
8.	Lehrende Härtig, Jahn (Modulverantwortlicher), Moser, Engelmann				

CM-A-2 Praktische Strukturaufklärung				
Wahlpflicht	work load 240 h	Leistungspunkte 8 CP	Studiensemester 1-3	Dauer 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen CM-A-2a Massenspektrometrie (V) CM-A-2b NMR-Spektroskopie (V) CM-A-2c Anwendungen der NMR-Spektroskopie (gS)	Kontaktzeit 28 h 28 h 28 h	Selbststudium 62 h 62 h 32 h	Leistungspunkte 3 CP 3 CP 2 CP
2.	Qualifikationsziele und Inhalte <u>Qualifikationsziele:</u> Die Studierenden verfügen über umfassende theoretische und praktische Kenntnisse in der Strukturaufklärung anorganischer, organischer und metallorganischer Molekülverbindungen. Sie haben die Kompetenz erworben, durch die Kombination spektroskopischer und spektrometrischer Verfahren verlässliche Strukturvorschläge zu erarbeiten. <u>Inhalte:</u> <i>Vorlesung Massenspektrometrie:</i> Instrumentelle Grundlagen der MS, Interpretation von Isotopenmustern, Prinzipien der Elektronenionisierung, Vorstellung grundlegender Fragmentierungsmechanismen, Diskussion spezieller Fragmentierungsmechanismen bei EIMS, Einführung schonender Ionisierungsmethoden, vertiefende Behandlung instrumenteller Aspekte. <i>Vorlesung NMR-Spektroskopie:</i> Physikalische Prinzipien des NMR-Experiments und experimentelle Durchführung, Einfluss chemischer Parameter auf die chemischen Verschiebungen von ^1H , ^{13}C und wichtigen Heterokernen (^{15}N , ^{19}F , ^{31}P), Spin-Spin-Kopplungskonstanten und ihre Beziehungen zur Molekülstruktur, Analyse von Spin-Kopplungsmustern, wichtige eindimensionale NMR-Experimente (dynamische NMR, NOE, Entkopplung, Multiplizitätsselektion bei Heterokernen), wichtige zweidimensionale NMR-Experimente (homo- und heteronukleare Verschiebungskorrelationen, die auf Spin-Kopplung, NOE oder chemischem Austausch beruhen, <i>J</i> -aufgelöste Spektren). <i>Seminar:</i> Ableitung von Molekülstrukturen durch Kombination verschiedener 1D- und 2D-NMR-spektroskopischer Methoden, kombinierte Spektrenauswertung durch Einsatz von NMR-Spektroskopie und Massenspektrometrie			
3.	Verwendbarkeit des Moduls Masterstudiengang Chemie			
4.	Teilnahmevoraussetzungen keine			
5.	Lehr- und Lernformen Vorlesung / großes Seminar			
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten mündliche Prüfung oder Klausur (PL) nach BPO §5 (3)			
7.	Häufigkeit des Angebots Jedes Sommersemester			
8.	Lehrende / lecturers Ibrom (Modulverantwortliche), Papke			

CM-A-3 Natur- und Wirkstoffe				
Wahlpflicht	work load 240 h	Leistungspunkte 8 CP	Studiensemester 1-3	Dauer 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen CM-A-3a Naturstoffchemie (V) CM-A-3b Bioorganische Chemie (V) CM-A-3c Seminar Natur- und Wirkstoffe (gS)	Kontaktzeit 28 h 28 h 28 h	Selbststudium 62 h 62 h 32 h	Leistungspunkte 3 CP 3 CP 2 CP
2.	Qualifikationsziele und Inhalte <u>Qualifikationsziele:</u> Die Studierenden besitzen Kenntnisse über die in der Natur vorkommenden Primär- und Sekundärmetaboliten. Sie können Synthesen von Naturstoffen konzipieren und diskutieren. Die Studierenden kennen biologisch wichtige Verbindungen und sind in der Lage, ihre Wirkung zu diskutieren. Sie besitzen Kompetenzen zur synthetischen Strukturvariation und kennen die Wirkungsweise von Biopolymeren und Enzymen und sind in der Lage deren Einsatz zur Aufklärung von Wirkmechanismen in der Synthese kompetent zu diskutieren. Die Biosynthese von Naturstoffen wird als Klassifizierungsmerkmal erkannt und ermöglicht die schnelle Einordnung neuer Strukturen. <u>Inhalte:</u> <i>Vorlesung Naturstoffchemie:</i> Strukturen von sekundären Naturstoffen, Lipide und Fettsäuren, Terpene, Polyketide, aromatische Verbindungen, Alkaloide, Aminosäurederivate, Antibiotika. Biosynthese dieser Verbindungen. Synthetische Zugänge zu diesen Substanzklassen. <i>Vorlesung Bioorganische Chemie:</i> Primäre Stoffklassen wie Aminosäuren, Kohlenhydrate, Chemie der Biooligomere, Nukleinsäuren, Peptide, Oligosaccharide, zentrale Bedeutung für alle Lebensprozesse, mechanistisches Verständnis des chemischen Ab- und Aufbaus von Biooligomeren. <i>Seminar:</i> Ausgewählte Themen aus Naturstoffchemie und Wirkstoffchemie, Seminarbeiträge von Studierenden, vertiefte Behandlung spezieller Themen.			
3.	Verwendbarkeit des Moduls Masterstudiengang Chemie, Masterstudiengang Biochemie/Chemische Biologie			
4.	Teilnahmevoraussetzungen Keine			
5.	Lehr- und Lernformen			
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten Referat (SL) Klausur+ oder mündliche Prüfung+ (PL) nach BPO §5 (3) [Berücksichtigung SL zu 5 %]			
7.	Häufigkeit des Angebots Jedes Wintersemester			
8.	Lehrende Lindel, Schulz (Modulverantwortlicher)			

CM-A-4 Molekulare Biotechnologie				
Wahlpflicht	work load 240 h	Leistungspunkte 8 CP	Studiensemester 2	Dauer 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen CM-A-4a Molekulare Biotechnologie (V) CM-A-4b Molekulare Biotechnologie (SP-kS)	Kontaktzeit 28 h 84 h	Selbststudium 62 h 66 h	Leistungspunkte 3 CP 5 CP
2.	Qualifikationsziele und Inhalte <u>Qualifikationsziele</u> Die Studierenden verstehen Grundlagen der molekularen Biotechnologie und können diese Kenntnisse auf Anwendungen wie rekombinante Produktion von Biomolekülen, Protein-Engineering, kombinatorische Methoden und Metabolic Engineering übertragen. Weiterhin kennen sie zahlreiche grundlegenden Methoden der molekularen Biotechnologie. <u>Inhalte:</u> <i>Vorlesung:</i> Rekombinante Produktion in transgenen Organismen, Einführung in das Protein-Engineering (Fusionsproteine, Design, Expression, Produktion anhand ausgewählter Beispiele), Tag-Systeme und Inclusion Bodies, Rekombinante Proteintherapeutika, molekulare Diagnostik, Gentherapie, Molecular Pharming, kombinatorische Methoden (Enzymoptimierung, 2Hybrid, Ribosomal display, Phage display), Metagenomik, Nanobiotechnologie, Metabolic Engineering. <i>Praktikum:</i> Klonierung von Antikörpergenen, Analyse der Klonierung mittels PCR, Restriktionsverdau und Sequenzierung, Produktion und Aufreinigung von rekombinanten Antikörpern im bakteriellen System. Analyse der produzierten Antikörper mittels SDS-PAGE, Westernblot und ELISA.			
3.	Verwendbarkeit des Moduls Masterstudiengang Chemie			
4.	Teilnahmevoraussetzungen Modul CM-A-1			
5.	Lehr- und Lernformen Vorlesung / Saalpraktikum			
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten Experimentelle Arbeit (SL) mündliche Prüfung oder Klausur (PL) nach BPO §5 (3)			
7.	Häufigkeit des Angebots Jedes Sommersemester			
8.	Lehrende Dübel (Modulverantwortlicher), Hust, Schirrmann			

CM-A-5 Enzymkatalyse					
Wahlpflicht		work load 240 h	Leistungs- punkte 8 CP	Studiense- mester 1-3	Dauer 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen CM-A-5a Enzymkatalyse & Enzym-Engineering (V) CM-A-5b Praktikum Enzymkatalyse (KGP)	Kontaktzeit 28 h 112 h	Selbststudium 32 h 68 h	Leistungspunkte 2 CP 6 CP	
2.	Qualifikationsziele und Inhalte <u>Qualifikationsziele:</u> Die Studierenden sind in der Lage, Enzyme als Katalysatoren für verschiedene chemische Reaktionen einsetzen zu können, unter Berücksichtigung der jeweiligen Enzym-spezifischen Eigenschaften und Reaktionsbedingungen. Darüber hinaus eignen sich die Studierenden Kenntnisse zur gezielten Veränderung Enzym-spezifischer Eigenschaften mittels Protein-Engineering an. <u>Inhalte:</u> <i>Vorlesung:</i> Betrachtung unterschiedlicher Katalysemechanismen von enzymkatalysierten Ein- und Mehrsubstratreaktionen, inkl. (industrieller) Anwendungsbeispiele; biokatalytische Prinzipien wie kinetische und dynamisch-kinetische Racematspaltung, asymmetrische Reaktionen, Enzymkaskaden und der Einsatz von Enzymen in nicht-wässrigen Reaktionsmedien; Enzym-Engineering mittels Proteindesign und gerichteter Evolution. <i>Praktikum:</i> Bearbeitung und wissenschaftliche Dokumentation (Protokollführung) eines Projekts im Bereich der Enzymkatalyse.				
3.	Verwendbarkeit des Moduls Masterstudiengang Chemie, Masterstudiengang Biochemie/Chemische Biologie				
4.	Teilnahmevoraussetzungen Keine				
5.	Lehr- und Lernformen Vorlesung / Praktikum (Kleingruppenprojekt)				
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prüfungsmodalitäten Experimentelle Arbeit (SL) Klausur oder mündliche Prüfung (PL) nach BPO §5 (3)				
7.	Häufigkeit des Angebots Jedes Wintersemester				
8.	Lehrende A. Schallmey (Modulverantwortliche), M. Schallmey				

CM-A-6 Lebensmittelchemie				
Wahlpflicht	work load 240 h	Leistungspunkte 8 CP	Studiensemester 1-3	Dauer 2 Semester
1.	Lehrveranstaltungen: <u>Zwei</u> der folgenden Vorlesungen: CM-A-6a Chemie und Technologie der Lebensmittel I: Proteine (V) CM-A-6b Chemie und Technologie der Lebensmittel II: Kohlenhydrate (V) CM-A-6c Chemie und Technologie der Lebensmittel III: Lipide (V) und CM-A-6d Lebensmittelchemisches Seminar (gS)	Kontaktzeit 28 h 28 h 28 h 28 h	Selbststudium 62 h 62 h 62 h 32 h	Leistungspunkte 3 CP 3 CP 3 CP 2 CP
2.	Qualifikationsziele und Inhalte <u>Qualifikationsziele:</u> Die Studierenden kennen die chemischen Grundlagen der Hauptinhaltsstoffe von Lebensmitteln und Futtermitteln (Kohlenhydrate, Lipide und/oder Proteine) sowie deren Reaktionen bei Verarbeitung und Lagerung und können geeignete lebensmittelchemische Analysenverfahren benennen. Sie können die Kenntnisse aus den gewählten Veranstaltungen in Hinblick auf die Komplexität von Lebensmitteln miteinander verknüpfen. <u>Inhalte:</u> <i>Seminar:</i> Vorträge zu aktuellen lebensmittelchemischen Themen von Studierenden und Doktoranden. <i>Vorlesung Chemie und Technologie der Lebensmittel I: Proteine:</i> Aminosäuren (Biosynthese, chemische Synthese, Metabolisierung, Nachweisreaktionen, Analyse, Reaktionen im Lebensmittel), Peptide (Synthese, Sequenzermittlung, einzelne Beispiele für lebensmittelrelevante Peptide), Proteine (Proteinklassen, Proteinreinigung, Analyse, Biologische Wertigkeit), Proteide, Enzyme (enzymatische Analyse, technische Enzyme), Warenkunde (Ei, Fleisch, Hülsenfrüchte). <i>Vorlesung Chemie und Technologie der Lebensmittel II: Kohlenhydrate:</i> Struktur und Aufbau von Kohlenhydraten (Mono- Di-, Oligo- und Polysaccharide), Konstitution, Stereochemie, Polyfunktionalität; natürliches Vorkommen, kohlenhydratreiche Lebensmittel, technologisch und analytisch relevantes chemisches Verhalten: Karamellisierung, Maillard-Reaktion, Zucker-Couleur, Verhalten im Säuren/Basischen, Redoxreaktionen; ernährungsphysiologische Aspekte (z.B. glykämischer Index); technologische Aspekte (Viskosität, Senkung der Wasseraktivität, Einfluss auf Glasübergangstemperatur u. Kristallisation), Gelbildung bei Polymeren; analytische Methoden. <i>Vorlesung Chemie und Technologie der Lebensmittel III: Lipide:</i> Fette und Fettbegleitstoffe, deren Aufbau und chemische Reaktionen (insbesondere Fettverderb), Biosynthese und Metabolismus, Technologie (Gewinnung, Raffination, Hydrierung, Modifizierung), Ernährungs- und Warenkunde (Butter, Margarine, Öle).			
3.	Verwendbarkeit des Moduls: Masterstudiengang Chemie, Masterstudiengang Bio- und Chemieingenieurwesen			
4.	Teilnahmevoraussetzungen: keine			
5.	Lehr- und Lernformen: Vorlesung / großes Seminar			
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten: mündliche Prüfung oder Klausur (PL) nach BPO §5 (3)			
7.	Häufigkeit des Angebots Jedes Semester			
8.	Lehrende: Winterhalter (Modulverantwortlicher)			

CM-A-FPA Forschungspraktikum Chemie in den Lebenswissenschaften A				
Research Laboratory Chemistry in Life Science A				
Wahlpflicht / compulsory elective module	work load 420 h	Leistungspunkte / credits 14 CP	Studiensemester / semester 1-3	Dauer / duration 1-2 Semester
1.	Lehrveranstaltungen / courses: CM-A-FPAa Forschungspraktikum Chemie in den Lebenswissenschaften A / Research Lab Chemistry in Life Science A (KGP) CM-A-FPAb Seminar zum Forschungspraktikum Chemie in den Lebenswissenschaften A / Seminar Research Lab Chemistry in Life Science (gS)	Kontaktzeit / face-to-face 240 h 28 h	Selbststudium / self-study 120 h 32 h	Leistungspunkte / credits 12 CP 2 CP
2.	Qualifikationsziele / intended learning outcomes und Inhalte / course content			
	<u>Qualifikationsziele / intended learning outcomes:</u> [DEU]Die Studierenden beherrschen fortgeschrittene Arbeitstechniken der Chemie in den Lebenswissenschaften in Synthese und Analyse. Sie sind in der Lage, komplizierte Experimente zu planen, durchzuführen, auszuwerten und wissenschaftlich zu dokumentieren, wobei sie einen detaillierten Einblick in aktuelle Forschungsvorhaben gewonnen und an deren Umsetzung mitgewirkt haben. Sie sind erfahren in der Synthese, Isolierung, Charakterisierung und Analyse von für die Chemie in den Lebenswissenschaften relevanten Verbindungen. Sie können für unterschiedliche Substanzklassen geeignete Analyseverfahren auswählen und notwendige analytische Daten erheben. Sie sind mit den Techniken universitärer Forschung und wissenschaftlicher Praxis vertraut und haben Sicherheit im Umgang mit wissenschaftlichen Datenbanken. Sie sind in der Lage, wissenschaftliche Literatur in englischer Sprache aufzufinden und zu erfassen. [ENG]The students possess advanced synthetic and analytical skills in chemistry in life sciences. They are able to plan, perform, and analyze experiments and simulations and the scientifically document their research. They have participated in and contributed to a current research project. They have experience in the synthesis, isolation, characterization, and analysis of compounds relevant to chemistry in the life sciences. They are able to choose suitable analysis methods for different classes of substances and to collect the required analytical data. They are familiar with the techniques of scientific research as well as good scientific practices and are able to use scientific databases. They are able to find and comprehend scientific articles.			
	<u>Inhalte / course content:</u> <i>Praktikum:</i> Bearbeitung und wissenschaftliche Dokumentation (Protokollführung) von zwei Teilprojekten im Bereich der organischen Synthese und ein Teilprojekt der organischen Analyse und Substanzisolierung <u>oder</u> von drei Teilprojekten aus dem Bereich der Lebensmittelchemie oder Biochemie. <i>Seminar:</i> Teilnahme am wissenschaftlichen Kolloquium, Präsentation und Diskussion aktueller Forschungsergebnisse. <i>Research Lab:</i> Conduction and scientific documentation of two sub-projects in organic synthesis and of one sub-project in organic analysis and substance isolation or three subprojects from food chemistry or biochemistry. <i>Seminar:</i> Participation in scientific colloquia, presentation and discussion of current research results.			
3.	Verwendbarkeit des Moduls / application of the module: Masterstudiengang Chemie / Master's programme in Chemistry			
4.	Teilnahmevoraussetzungen / prerequisites: Keine / none			
5.	Lehr- und Lernformen / course type: Praktikum (Kleingruppenprojekt) / Seminar project lab, seminar			

6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten / prerequisite for earning credits/type of assessment or examination: Experimentelle Arbeit (PL) / experimental work (marked examination)
7.	Häufigkeit des Angebots / frequency of courses Jedes Semester, every semester
8.	Lehrende / lecturers: Grunenberg, Lindel, Schallmey, Schulz (Modulverantwortlicher / module convener), Winterhalter

CM-A-FPB Forschungspraktikum Chemie in den Lebenswissenschaften B Research Laboratory Chemistry in Life Science B					
Wahlpflicht / compulsory	elective module	work load 420 h	Leistungspunkte / credits 14 CP	Studiensemester / semester 2-3	Dauer / duration 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen / courses: CM-A-FPBa Projektpraktikum Chemie in den Lebenswissenschaften B / Research Lab Chemistry in Life Science A (KGP) CM-A-FPBb Seminar zum Projektpraktikum Chemie in den Lebenswissenschaften B / Seminar Research Lab Chemistry in Life Science (kS)		Kontaktzeit / face-to-face 240 h 28 h	Selbststudium / self-study 120 h 32 h	Leistungspunkte / credits 12 CP 2 CP
2.	Qualifikationsziele / intended learning outcomes und Inhalte / course content <u>Qualifikationsziele / intended learning outcomes:</u> [DEU] Die Studierenden sind in der Lage, eigenständig eine wissenschaftliche Fragestellung auf dem Gebiet der Chemie in den Lebenswissenschaften zu bearbeiten. Sie beherrschen die für das jeweilige Forschungsvorhaben erforderlichen Arbeitstechniken und vermögen, selbständig anspruchsvolle Experimente zu planen, durchzuführen, auszuwerten und zu dokumentieren. Die Studierenden überblicken die aktuelle Forschung auf einem ausgewählten Forschungsgebiet und beherrschen die entsprechenden theoretischen Grundlagen. Sie können ihre Forschungsergebnisse kompetent präsentieren und sich einer fachlichen Diskussion in deutscher und englischer Sprache stellen. [ENG] The students are able to independently work on a current scientific problem of chemistry in life sciences. They possess advanced experimental and/or theoretical skills required for their research project and are able to plan, perform, analyze and document advanced experiments. They have an overview of the current research in a selected research area and are familiar with its theoretical foundations. They are able to adequately present their research results and to engage in scientific discussions. <u>Inhalte / course content:</u> <i>Praktikum:</i> Bearbeitung und wissenschaftliche Dokumentation (Protokollführung) eines Projekts im Bereich der Chemie in den Lebenswissenschaften. / Conduction and scientific documentation of (parts of) a current research project from chemistry in life sciences. <i>Seminar:</i> Teilnahme am wissenschaftlichen Kolloquium, Vortragspräsentation der eigenen Forschungsergebnisse. / Participation in scientific colloquia, presentation and discussion of own research results.				
3.	Verwendbarkeit des Moduls / application of the module: Masterstudiengang Chemie / Master's programme in Chemistry				
4.	Teilnahmevoraussetzungen / prerequisites: Modul CM-A-FPA				
5.	Lehr- und Lernformen / course type: Praktikum (Kleingruppenprojekt), kleines Seminar / project lab, seminar				
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten / prerequisite for earning credits/type of assessment or examination: Experimentelle Arbeit und Referat (PL) / experimental work and presentation (marked examination)				
7.	Häufigkeit des Angebots / frequency of courses Jedes Semester, every term				
8.	Lehrende / lecturers: Grunenberg, Lindel, Schallmeyer, Schulz (Modulverantwortlicher / module convener), Winterhalter				

CM-B-1 Biochemie				
Wahlpflicht	work load	Leistungspunkte	Studiensemester	Dauer
	240	8 CP	1-3	2 Semester
1.	Lehrveranstaltungen: CM-B-1a Grundlagen der Biochemie (V) CM-B-1b Biochemie für Fortgeschrittene (V) CM-B-1c Praktikum Biochemie (SP-kS)	Kontaktzeit 28 h 28 h 28 h	Selbststudium 62 h 62 h 32 h	Leistungspunkte 3 CP 3 CP 2 CP
2.	Qualifikationsziele und Inhalte <u>Qualifikationsziele:</u> Die Studierenden besitzen grundlegende Kenntnisse über Biomoleküle, biochemische Zusammenhänge und Mechanismen sowohl in der Biochemie, als auch im Bereich der Biotechnologie und Zellbiologie. Sie sind befähigt, unter Anleitung biochemische Forschungsarbeiten durchzuführen und die erhaltenen Ergebnisse selbständig darzustellen und angemessen zu vermitteln. <u>Inhalt:</u> <i>Vorlesung Grundlagen der Biochemie:</i> Struktur und Funktion von Proteinen, DNA, RNA, Coenzyme und Cofaktoren sowie deren Einordnung aus mikrobiologischer Sicht, Evolution der biochemischen Prinzipien und Reaktionen, Grundlagen des genetischen Codes, Aminosäuren und postsynthetische Modifikationen, Beziehungen zwischen Struktur und Funktion von Proteinen. <i>Vorlesung Biochemie für Fortgeschrittene:</i> Primärstrukturen, Sequenziertechnologien, Rolle der Proteasen, Sekundärstrukturen, ihre Bildung und Eigenschaften, strukturelle Proteine und ihre molekulare Basis (Keratin, Collagen, Elastin), Hämoglobine (Funktion eines globularen Proteins), Grundlagen der Enzyme und Enzymkinetiken. <i>Praktikum:</i> Grundlagen biochemischer Arbeitsweisen im Labor.			
3.	Verwendbarkeit des Moduls: Masterstudiengang Chemie			
4.	Teilnahmevoraussetzungen: keine			
5.	Lehr- und Lernformen: Vorlesung / Saalpraktikum			
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten: Experimentelle Arbeit (SL) mündliche Prüfung oder Klausur (PL) nach BPO §5 (3)			
7.	Häufigkeit des Angebots Beginn jedes Wintersemester			
8.	Lehrende: Schallmey (Modulverantwortliche), Kruse			

CM-B-2 Biophysikalische Chemie / Biophysical Chemistry				
Wahlpflicht / compulsory elective module	work load 240 h	Leistungspunkte / credits 8 CP	Studiensemester / semester 1-3	Dauer / duration 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen / courses:		Kontaktzeit Face-to-face	Selbststudium Self-study
	CM-B-2a Biophysikalische Chemie / Biophysical Chemistry (V)	42 h	108 h	Leistungspunkte credits 5 CP
	CM-B-2b Übung zu Biophysikalische Chemie / Exercise Biophysical Chemistry(Ü)	14 h	46 h	2 CP
	CM-B-2c Angewandte Biophysikalische Chemie / Applied Biophysical Chemistry (gS)	10 h	20 h	1 CP
2.	Qualifikationsziele und Inhalte / qualification goals and content			
	<u>Qualifikationsziele / qualification goals:</u>			
	[DEU]:Die Studierenden sind mit den Grundlagen der wichtigsten physikochemischen Methoden zur Aufklärung biomolekularer Wechselwirkungen und Strukturen vertraut und sind in der Lage zu entscheiden, mit welcher modernen oder traditionellen Methode solche biochemischen Fragestellung am effizientesten zu beantworten sind. Sie kennen Grenzen und den Dynamikbereich dieser Methoden sowie die Bedeutung, die Struktur und Dynamik von Biomolekülen für ihre Funktion besitzen. Die Studierenden sind befähigt einzuordnen, welche Verfahren zur Untersuchung von Biomolekülen und zur Beantwortung biomolekularer Fragestellungen in den verschiedenen Umgebungen von Industrie- oder Grundlagenforschung geeignet sind.			
	[ENG] The students know the basics of the most important physicochemical methods for the elucidation of biomolecular interactions and structures and are able to decide which modern or traditional method is most efficient to answer such biochemical questions. They know the limitations and dynamic range of these methods and the importance of structure and dynamics of biomolecules for their function. Students will be able to classify which methods are suitable for studying biomolecules and answering biomolecular questions in the different environments of industrial or basic research.			
	<u>Inhalte / content:</u>			
	<i>Vorlesung Biophysikalische Chemie:</i> Kurze Wiederholung biochemischer und mikrobiologischer Grundlagen, Traditionelle Methoden wie Fluoreszenz- und Absorptionsspektroskopie, Lichtstreuung, Ramanspektroskopie, NMR, ESR und Massenspektrometrie an Biomolekülen. Moderne Methoden wie Fluoreszenzmikroskopie, Einzelmoleküldetektion, Nichtlineare- und Ultrakurzzeitspektroskopie oder Nanotechnologie zur Untersuchung von Biomolekülen. Ausblick auf industrielle Anwendungen und Wirkstoffforschung.			
	<i>Übung:</i> Selbständige Rechnungen und Beantwortung von Fragen mit Korrektur der Aufgaben durch Dozenten und Assistenten, Besprechung der Lösungswege in der Übung.			
	<i>Angewandte Biophysikalische Chemie:</i> In dieser Veranstaltung wird das Erlernte im Rahmen von Gastvorträgen an konkreten Beispielen industrieller Forschung, z.B. in Kombination mit einer Exkursion bei einem Pharmakonzern, oder aus der Grundlagenforschung, z. B. an Max-Planck-Instituten, vertieft.			
	<i>Lecture Biophysical Chemistry:</i> Brief review of biochemical and microbiological basics, traditional methods such as fluorescence and absorption spectroscopy, light scattering, Raman spectroscopy, NMR, ESR and mass spectrometry on biomolecules. Modern methods such as fluorescence microscopy, single molecule detection, nonlinear and ultrafast spectroscopy or nanotechnology to study biomolecules. Prospects for industrial applications and drug discovery.			
	<i>Exercise:</i> Independent calculation and answering of questions with corrections by instructors and assistants, discussion of solution methods in the exercise.			
	<i>Applied Biophysical Chemistry:</i> In this course, the knowledge gained will be deepened through guest lectures on concrete examples of industrial research, e.g. in combination with an excursion to a pharmaceutical company, or from basic research, e.g. at Max Planck Institutes.			
3.	Verwendbarkeit des Moduls / application of the module:			
	Masterstudiengang Chemie / Master's programme in Chemistry			
4.	Teilnahmevoraussetzungen / prerequisites:			
	Keine / none			

5.	Lehr- und Lernformen / course type: Vorlesung / Übung / großes Seminar Lecture / Exercise / major seminar
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten / prerequisite for earning credits/type of assessment or examination: Bearbeitung von Übungsaufgaben Übungsaufgaben / completing exercises (SL) mündliche Prüfung oder Klausur / oral exam or written exam (PL) nach BPO §5 (3)
7.	Häufigkeit des Angebots / frequency of courses: Jedes Wintersemester / every winter term
8.	Lehrende / lecturers: Walla (Modulverantwortlicher / module convener)

CM-B-3 Aufklärung und Modellierung biologischer Strukturen Elucidation and Modelling of Biological Structures				
Wahlpflicht compulsory elective module	work load 240 h	Leistungspunkte credits 8 CP	Studiensemester/semester 1-3	Dauer/ duration 1 Semester/ semester/terms
1.	Lehrveranstaltungen/courses: CM-B-3a Biomolekulare Modellierungen / Biomolecular Modelling (V) CM-B-3b Computerübung Biomolekulare Modellierungen / Computer Lab Biomolecular Modelling (SP-kS) CM-B-3c Praktikum Biomolekulare Modellierungen / Project Lab Biomolecular Modelling (KGP)	Kontaktzeit/ face-to-face 28 h 28 h 28 h	Selbststudium/ self-study 92 h 32 h 32 h	Leistungspunkte credits 4 CP 2 CP 2 CP
2	Qualifikationsziele / intended learning outcomes [DEU] Die Studierenden sind mit modernen Methoden zur Modellierung der Struktur von Biomakromolekülen sowie zur Simulation von deren thermodynamischen Eigenschaften vertraut. Sie kennen empirische Kraftfeldmethoden, Methoden zur Durchführung von Molekulardynamik-Simulationen sowie moderne Multiskalen-Simulationsmethoden. Die Studierenden sind in der Lage, die Reichweite und Grenzen dieser Methoden zu bewerten, für eigene Forschungsprojekte geeignete Methoden auszuwählen und selbstständig Molekulardynamiksimulationen durchzuführen, zu analysieren und zu bewerten. [ENG] The students are familiar with modern methods for modelling the structure of biomacromolecules and for simulating their thermodynamic properties. They know empirical force field methods, methods for performing molecular dynamics simulations, as well as modern multiscala simulation methods. The students are able to judge the applicability and the limitations of such methods, to choose suitable simulation methods for their own research projects and to perform, analyze, and evaluate molecular dynamics simulations. Inhalte / course content: <i>Vorlesung Biomolekulare Modellierung:</i> Einführung in methodische Grundlagen der Simulation von Biomakromolekülen - Born-Oppenheimer-Näherung, Potentialenergiefläche, Grundlagen der statistischen Thermodynamik, empirisches Kraftfeldverfahren - Bedeutung und effiziente Beschreibung, Geometrieoptimierung, Methoden der Moleküldynamik, thermodynamische und statistische Behandlung (bio)chemischer Prozesse, Analyse von Molekulardynamik-Simulationen, Berechnungen freier Energien, Multiskalen-Methoden - implizite Lösungsmittelmodelle, coarse-grained Modelle, hybride QM/MM-Methoden, quantenchemische Einbettungsmethoden. <i>Computerübung:</i> Bedienung von Kraftfeldprogrammen, Visualisierung von Kristallstrukturen, Geometrieoptimierung, Moleküldynamik und Normalmodenanalyse an Hand von Peptidstrukturen, Simulationen von (Bio)Molekülen mit verschiedenartigen Ansätzen und deren Analyse, Studium dynamischer und entropischer Effekte. <i>Praktikum:</i> Selbständige Durchführung von Molekulardynamik-Simulationen für Biomoleküle			

2.	<p><i>Lecture Biomolecular Modelling:</i> Introduction to the basics of simulations of biomacromolecules - Born-Oppenheimer approximation, potential energy surface, basics of statistical thermodynamics, empirical force fields and their efficient implementation - geometry optimization, molecular dynamics methods, thermodynamic and static description of (bio)chemical processes, analysis of molecular dynamics simulations, calculation of free energies, multiscale simulation methods - implicit solvent models, coarse-grained models, hybrid QM/MM methods, quantum-chemical embedding methods.</p> <p><i>Computer Lab:</i> Use of force field programs, visualization of crystal structures, geometry optimization, molecular dynamics and normal mode analysis of polypeptides, simulation of (bio)molecules with different computational methods and their analysis, analysis of dynamical and entropic effects.</p> <p><i>Project Lab:</i> Molecular Dynamics Simulations of Biomolecules.</p>
3.	<p>Verwendbarkeit des Moduls/application of the module: Masterstudiengang Chemie, Biochemie / Master's programme in Chemistry, Biochemistry</p>
4.	<p>Teilnahmevoraussetzungen/prerequisites: Keine/none</p>
5.	<p>Lehr- und Lernformen/course type: Vorlesung / Computerübung (Saalpraktikum) / Praktikum (Kleingruppenprojekt) Lecture, computer lab, project lab</p>
6.	<p>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prüfungsmodalitäten/ prerequisite for earning credits/type of assessment or examination: Experimentelle Arbeit (SL, benotet) Mündliche Prüfung+ (PL) nach BPO §5 (3) [Berücksichtigung SL zu 30 %] Practical work (marked) oral or written exam+ (30% of the practical work mark are taken into account in the overall module mark)</p>
7.	<p>Häufigkeit des Angebots/frequency of courses: Unregelmäßig, irregular</p>
8.	<p>Lehrende/lecturers: Jacob (Modulverantwortlicher/module convener)</p>

CM-B-4 Theoretische Biophysikalische Chemie Theoretical Biophysical Chemistry				
Wahlpflicht compulsory elective module	work load 240 h	Leistungs- punkte / credits 8 CP	Studiensemes- ter / semester 1-3	Dauer/ duration 2 Semester/terms
1.	Lehrveranstaltungen/courses: CM-B-4a Fortgeschrittene Quantenchemie / Advanced Quantum Chemistry (V) CM-B-4b Computerübung zu Fortgeschrittene Quanten- chemie / Computer Lab Advanced Quantum Chemistry (SP-kS) <u>oder/or</u> CM-B-4c Theoretische Spektroskopie / Theoretical Spectroscopy (V) CM-B-4d Computerübung zu Theoretische Spektroskopie / Computer Lab Theoretical Spectroscopy (SP- kS) <u>oder/or</u> CM-B-4e Künstliche Molekulare Intelligenz / Artificial Molecular Intelligence (V) CM-B-4f Computerübung zu Künstliche Molekulare Intel- ligenz / Computer Lab Artificial Molecular Intelli- gence (SP-kS) CM-B-4e Praktikum Theoretische Biophysikalische Che- mie / Project Lab Theoretical Biophysical Che- mistry (KGP)	Kontaktzeit/ face-to-face 42 h 14 h 42 h 14 h 42 h 14 h 28 h	Selbststudium/ self-study 78 h 46 h 78 h 46 h 78 h 46 h 32 h	Leistungspunkte credits 4 CP 2 CP 4 CP 2 CP 4 CP 2 CP 2 CP
2.	Qualifikationsziele / intended learning outcomes [DEU] Die Studierenden besitzen Kenntnisse moderner quantenchemischer Rechenverfahren. Sie sind mit den theoretischen Grundlagen zentraler Methoden vertraut und haben einen Überblick über die verschiedenen gängigen quantenchemischen Methoden, ihre praktischen Implementierungen in wissenschaftlicher Software und ihre Anwendungsbereiche. Sie sind in der Lage, die Reichweite und Grenzen der verschiedenen Methoden selbstständig zu beurteilen und sind befähigt für eigene Forschungsprojekte geeignete Methoden auszuwählen und selbstständig quantenchemische Berechnungen durchzuführen, zu analysieren und zu bewerten. [ENG] The students have aquired knowledge on modern methods of quantum chemistry. They are familiar with the foundations of important methods and possess an overview of commonly used quantum-chemical methods, their implementation in scientific software, and their use in chemistry. They are able to judge the applicability and the limits of different quantum-chemical methods and to use choose suitable methods for their own research projects, to perform quantum-chemical calculations and to analyse, evaluate, and assess their results.			

2.	<p>Inhalte / course content:</p> <p><i>Vorlesung und Computerübung Fortgeschrittene Quantenchemie:</i> Mathematische Grundlagen quantenchemischer Methoden, Hartree-Fock Theorie, Störungstheorie und Konfigurationswechselwirkung, Coupled-Cluster-Theorie, Dichtefunktionaltheorie. / <i>Lecture and Computer Lab Advanced Quantum Chemistry:</i> Mathematical Foundations of quantum-chemical methods, Hartree-Fock theory, perturbation theory and configuration interaction, coupled-cluster theory, density-functional theory.</p> <p><i>Vorlesung und Übung Theoretische Spektroskopie:</i> Zeitabhängige Quantenmechanik, Wechselwirkung von elektromagnetischer Strahlung mit Molekülen, Grundlagen der Hartree-Fock und Dichtefunktional Methoden, Berechnung spektroskopischer Daten (Infrarot- und Raman-Spektroskopie, UV/Vis-Spektroskopie, ESR und NMR), Spektrensimulation. / <i>Lecture and Computer Lab Theoretical Spectroscopy:</i> Time-dependent quantum mechanics, interaction of electromagnetic radiation with molecules, basics of Hartree-Fock and density-functional theory, quantum-chemical calculation of spectroscopic data (Infrared and Raman spectroscopy, UV/Vis spectroscopy, ESR and NMR), simulation of spectra.</p> <p><i>Vorlesung und Übung Künstliche Molekulare Intelligenz:</i> Aspekte der molekularen Quantenmechanik: Hartree-Fock (HF)-Theorie, post-HF-Methoden, Dichtefunktionaltheorie; Aspekte des molekularen maschinellen Lernens: molekulare Repräsentationen, Deep Learning und Kernel-Methoden, generative Modelle, Uncertainty Quantification, Active Learning; Anwendungen: Struktur-Eigenschaftsbeziehungen, Exploration des chemischen Raums, molekulares Design. / <i>Lecture and Computer Lab Artificial Molecular Intelligence:</i> Molecular quantum mechanics in a nutshell: Hartree-Fock (HF) theory, post-HF methods, density functional theory; Molecular machine learning in a nutshell: molecular representations, deep learning and kernel methods, generative models, uncertainty quantification, active learning; Applications: structure-property relationships, chemical space exploration, molecular design.</p> <p><i>Praktikum Theoretische Biophysikalische Chemie:</i> Einführung in die wissenschaftliche Programmierung zur Vertiefung der Kenntnisse quantenchemischer Methoden. Selbstständige Durchführung von quantenchemischen Berechnungen mit Methoden, die nicht in üblicher Weise als ‚black-box‘-Methoden verwendet werden können in Form eines eigenen Projekts. / <i>Project Lab Theoretical Biophysical Chemistry:</i> Introduction to scientific programming and in-depth study of selected quantum-chemical methods. Application of quantum-chemical methods that usually cannot be used as "black-box" methods in own independent projects.</p>
3.	<p>Verwendbarkeit des Moduls/application of the module: Masterstudiengang Chemie, Biochemie / Master's programme in Chemistry, Biochemistry</p>
4.	<p>Teilnahmevoraussetzungen/prerequisites: Keine/none</p>
5.	<p>Lehr- und Lernformen/course type: Vorlesung, Computerübung (Saalpraktikum), Praktikum (Kleingruppenprojekt) Lecture, computer lab, project lab</p>
6.	<p>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prüfungsmodalitäten/ prerequisite for earning credits/type of assessment or examination: Bearbeitung von Übungsaufgaben (SL, unbenotet) Experimentelle Arbeit (SL, benotet) Mündliche Prüfung+ nach BPO §5 (3) [Berücksichtigung SL Übungsaufgaben zu 20 % und SL experimentelle Arbeit zu 20 %]</p> <p>Solve coursework problems (unmarked) Practical work (marked) oral or written exam+ (20% of the coursework and 20% of the practical work mark are taken into account in the overall module mark)</p>
7.	<p>Häufigkeit des Angebots/frequency of courses: Unregelmäßig, irregular</p>
8.	<p>Lehrende/lecturers: Jacob (Modulverantwortlicher/module convener), Proppe</p>

CM-B-5 Technische Biochemie				
Wahlpflicht	work load	Leistungspunkte	Studiensemester	Dauer
	240	8 CP	1-3	2 Semester
1.	Lehrveranstaltungen			
	CM-B-5a Angewandte und Technische Biochemie (V)	Kontaktzeit 28 h	Selbststudium 62 h	Leistungspunkte 3 CP
	CM-B-5b Angewandte und Technische Biochemie für Fortgeschrittene (V)	28 h	62 h	3 CP
	CM-B-5c Angewandte und Technische Biochemie (gS)	6 h	54 h	2 CP
2.	Qualifikationsziele und Inhalte			
	<u>Qualifikationsziele:</u>			
	Die Studierenden erwerben grundlegende Kenntnisse zur Biotechnologie mit mikrobiellen Zellen und Zellkulturen sowie zur Biokatalyse mit Enzymen und ganzen Zellen. Sie lernen die Stufen der Bioprozesstechnik (upstream processing, Bioreaktor-Kultivierung und downstream processing) inkl. der Messtechniken zur Erfassung wichtiger Kultivierungsparameter und die Wachstumskinetik insbesondere im Batch-Betrieb kennen. Außerdem bekommen sie einen Überblick über den Einsatz von Enzymen oder mikrobiellen Zellen in Industrie und Forschung. Die Studierenden beherrschen die Prinzipien und deren Anwendung bei der mikrobiellen und tierischen Zellkulturtechnik zur Produktion hoch- und niedermolekularer Bioprodukte (u.a. Pharmaproteine, Antibiotika, L-Aminosäuren). Die Studierenden erlangen praktische Kompetenz in der Suche nach Literatur für bestimmte biotechnologische Fragestellungen (Literaturrecherche).			
	<u>Inhalt:</u>			
	Vorlesung Angewandte und Technische Biochemie: Grundlagen der mikrobiellen Biotechnologie: u.a. großtechnisch eingesetzte Nährmedien. Bioprozesstechnik: Stufen und Verknüpfung der Bioprozesstechnik (Upstream processing, Bioreaktor, Monitoring, Downstream processing, etc.), Wachstumskinetik in Batch-Kultur, Ertragskoeffizienten, Sauerstoff-/Kohlendioxid-Bilanzierung, Sauerstofftransportrate, Messtechniken für O ₂ , CO ₂ , pO ₂ . Biokatalyse mit Enzymen und ganzen mikrobiellen Zellen: Grundlagen (Enzymkinetik, Chiralität, Immobilisierung), Herstellung von optisch-aktiven Feinchemikalien.			
	Vorlesung Angewandte und Technische Biochemie für Fortgeschrittene: Grundlagen zur Bioprozesstechnik mit mikrobiellen, pflanzlichen und tierischen Zellkulturen, Entwicklung von Überproduzenten für die Herstellung hoch- und niedermolekularer Bioprodukte (u.a. rekombinante DNA-Technologie, Mutagenisierungen anhand von Praxisbeispielen), Bioprosesse zur Überproduktion von Enzymen und Biopharmaka (u.a. tissue-Plasminogenaktivator, Erythropoietin), Bioprosesse zur Produktion von nichtproteinogenen Biopolymeren, Biosynthese u. (rekomb.) Produktion von Sekundärmetaboliten (Antibiotika), Mikrobielle Überproduktion von Biotensiden und L-Aminosäuren.			
	Übung: Einführung in die Literaturrecherche. Literatursuche zu einem aktuellen Thema der Angewandten und Technischen Biochemie, z.B. zur biotechnologischen Herstellung von Proteinen, anderen Biopolymeren sowie Metaboliten. Anschließend schriftliche Zusammenstellung (Review-Form; Umfang ca. 10 Seiten)			
3.	Verwendbarkeit des Moduls: Masterstudiengang Chemie			
4.	Teilnahmevoraussetzungen: keine			
5.	Lehr- und Lernformen: Vorlesung / großes Seminar			
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten:			
	Hausarbeit (Literaturrecherche) (SL) und mündliche Prüfung oder Klausur (PL) nach BPO §5 (3), bestehend aus Teilprüfung <i>Angewandte und Technische Biochemie</i> (50%) und Teilprüfung <i>Angewandte und Technische Biochemie für Fortgeschrittene</i> (50%)			
7.	Häufigkeit des Angebots			
	Beginn jedes Wintersemester			
8.	Lehrende:			
	Heine (Modulverantwortlicher)			

CM-B-6 Fortgeschrittene Physikalische Chemie Advanced Physical Chemistry				
Wahlpflicht / compulsory elective module	work load 240 h	Leistungs- punkte / credits 8 CP	Studiensemester / semester 1-3	Dauer / duration 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen / courses: CM-B-6a Fortgeschrittene Physikalische Chemie / Ad- vanced Physical Chemistry (V) CM-B-6b Seminar zu Fortgeschrittene Physikalische Chemie / (gS)	Kontaktzeit / face-to-face 42 h 14 h	Selbststudium / self-study 108 h 76 h	Leistungs- punkte / credits 5 CP 3 CP
2.	Qualifikationsziele / intended learning outcomes und Inhalte / course content <u>Qualifikationsziele / intended learning outcomes:</u> [DEU] Die Studierenden haben die Fähigkeit erlangt, aktuelle Forschungs- und Anwendungsbereiche der modernen fortgeschrittenen Physikalischen Chemie in ihrer Bedeutung zu verstehen. Durch die gefestigten und erweiterten Kenntnisse in der Physikalischen Chemie sind sie in der Lage, sich sowohl theoretisch als auch experimentell in einigen aktuellen Forschungsfeldern sicher zu bewegen. Des Weiteren sind sie auch befähigt, die Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Teildisziplinen der Physikalischen Chemie zu erkennen und Verbindungslinien zu ziehen. Die Studierenden können dieses Wissen zur Beschreibung und strategischen Problemlösung komplizierterer physikalisch-chemischer Vorgänge in Wissenschaft, Technik und Umwelt anwenden und in adäquater Form dokumentieren, darstellen und vermitteln. [ENG] The students are able to understand the significance of modern physical chemistry in research and application. Due to their profound knowledge they feel confident in different modern experimental and theoretical fields of physical chemistry. Moreover, they can recognize connections between different fields of physical chemistry. The students are able to apply their knowledge to solve complex physico-chemical problems in science, technology, and environment. They can present and communicate their findings in an adequate manner. <u>Inhalte / course content:</u> <i>Vorlesung:</i> Ausgewählte Aspekte der fortgeschrittenen Physikalischen Chemie, wie z. B. Biophysikalische Chemie, Optische Methoden und Imaging, Metrologie in der Chemie, Reaktionsdynamik, Physikalische Chemie fester Stoffe, zwischenmolekulare Wechselwirkungen, Struktur und Reaktivität in verschiedenen Aggregatzuständen, statistische Behandlung der Materie. Motivation, Anleitung und Kontrolle selbständiger studentischer Arbeiten auf einem der o.a. Teilgebiete der Physikalischen Chemie. / <i>Lecture:</i> Selected aspects in advanced physical chemistry, e.g. biophysical chemistry, optical methods and imaging, metrology in chemistry, reaction dynamics, physical chemistry of solids, intermolecular interactions, structure/reactivity aspects in different states of matter, statistical thermodynamics. Motivation, instruction and guidance of own work in advanced fields of physical chemistry. <i>Seminar:</i> Behandlung von theoretischen und experimentellen Aufgaben sowie die adäquate wissenschaftliche Präsentation der erhaltenen Resultate aus dem Bereich des in der Vorlesung dargebotenen Stoffs, Vertiefung des Vorlesungsstoffs. / <i>Seminar:</i> Work on experimental and theoretical exercises, adequate presentation of the results, consolidation of knowledge. Vorlesung Moderne optische Methoden und Imaging: In der Vorlesung werden einerseits die physikalischen Grundlagen der Methoden präsentiert. Andererseits beinhaltet die Vorlesung einen Überblick über optische, mikroskopische Methoden bis hin zu neuesten Methoden der Superauflösungsmikroskopie und labelfreien Mikroskopie, über bildgebende Methoden wie die Elektronenmikroskopie, Einzelmolekültechniken in der Biologie und Analytik. Darüber hinaus stellt die Interaktionsanalyse mit modernen in vitro und in vivo Verfahren einen Schwerpunkt da. Techniken wie Fluoreszenzkorrelationspektroskopie, Thermophorese, bimolekulare Komplementation, FRET etc..			

	<p>Auf der Seite der Elektronenmikroskopie stehen Methoden im submikroskopischen Bereich im Vordergrund wie der Immun-gold-Nachweis von Proteinen und Proteinkomplexen und die Elektronentomographie.</p> <p>Übung zu modernen optischen Methoden und Imaging: In der Übung wird das Erlernte durch selbstständige Rechnungen, Beantwortung von Fragen und Anwendungsbeispiele vertieft. Besprechung der Lösungswege in der Übung.</p> <p>Vorlesung / Demonstration / Kurs Mikroskopie: Schließlich wird es eine Vorlesung zu eigenen Experimenten und Demonstrationsexperimenten unter Einbezug der aktuellen Apparaturen, die in den einzelnen Arbeitsgruppen benutzt werden, geben. In der praktischen Umsetzung wird beispielsweise nach Transformation von Pflanzenmaterial die Fluoreszenz nach Komplementation der Proteinhälften am konfokalen Laserscanning Mikroskop studiert und exemplarisch ausgewertet.</p>
3.	<p>Verwendbarkeit des Moduls / application of the module: Masterstudiengang Chemie, Master's programme in Chemistry</p>
4.	<p>Teilnahmevoraussetzungen / prerequisites: Keine, none</p>
5.	<p>Lehr- und Lernformen / course type: Vorlesung / großes Seminar, lecture, seminar</p>
6.	<p>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten / prerequisite for earning credits/type of assessment or examination: Bearbeitung von Übungsaufgaben oder Referat (SL) Mündliche Prüfung+ oder Klausur+ (PL) nach BPO §5 (3) [Berücksichtigung SL zu 30 %] Solve coursework problems or presentation (unmarked) oral or written exam+ (30% of the coursework/presentation are taken into account in the overall module mark)</p>
7.	<p>Häufigkeit des Angebots / frequency of courses Jedes Wintersemester, every winter term</p>
8.	<p>Lehrende / lecturers: Bauerecker, Hohm (Modulverantwortlicher / module convener), Jacob, Maul, Walla</p>

CM-B-FPA Forschungspraktikum Physikalische Chemie A Research Laboratory Physical Chemistry A				
Wahlpflicht / compulsory elective module	work load 420 h	Leistungs- punkte / credits 14 CP	Studiensemester / semester 1-3	Dauer / duration 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen / courses: CM-B-FPAa Praktikum Vertiefte Physikalische Chemie I / Lab Course Advanced Physical Chemistry I (SP-kS) CM-B-FPAb Seminar zum Forschungspraktikum Physikalische Chemie A / Seminar Research Laboratory Physical Chemistry A (gS) CM-B-FPAc Praktikum Vertiefte Physikalische Chemie II / Lab Course Advanced Physical Chemistry II (SP-kS) <u>oder/or</u> CM-B-FPAd Programmierpraktikum Physikalische Chemie / Programming Lab Physical Chemistry (SP-kS) <u>oder/or</u> CM-B-FPAe Projektpraktikum Physikalische Chemie A / Reserach Lab Physical Chemistry A (KGP)	Kontaktzeit / face-to-face 36 h 28 h 36 h 112 h 112 h	Selbststudium / self-study 144 h 32 h 144 h 68 h 68 h	Leistungspunkte / credits 6 CP 2 CP 6 CP 6 CP 6 CP
2.	Qualifikationsziele / intended learning outcomes und Inhalte / course content <u>Qualifikationsziele / intended learning outcomes:</u> [DEU] Die Studierenden beherrschen fortgeschrittene physikalisch-chemische und theoretisch-chemische Arbeitstechniken. Sie sind in der Lage, Experimente und/oder Simulationen zu planen, durchzuführen, auszuwerten und wissenschaftlich zu dokumentieren, wobei sie einen grundlegenden Einblick in aktuelle Forschungsvorhaben gewonnen und an deren Umsetzung mitgewirkt haben. Sie sind mit den Techniken universitärer Forschung und wissenschaftlicher Praxis vertraut und haben Erfahrung im Umgang mit wissenschaftlichen Datenbanken. Sie sind in der Lage, wissenschaftliche Literatur in englischer Sprache aufzufinden und zu erfassen. [ENG] The students possess advanced physical-chemical and theoretical-chemical skills. They are able to plan, perform, and analyze experiments and simulations and the scientifically document their research. They have participated in and contributed to a current research project. They are familiar with the techniques of scientific reserach as well as good scientific practices and are able to use scientific databases. They are able to find and comprehend scientific arcticles. <u>Inhalte / course content:</u> <i>Praktikum Vertiefte Physikalische Chemie I:</i> Durchführung dreier Laborversuche nach einführendem Kolloquium, wissenschaftliche Dokumentation (Protokollführung) / <i>Lab Course Advanced Physical Chemistry I:</i> Conduction of three experiments, scientific documentation. <i>Praktikum Vertiefte Physikalische Chemie II:</i> Durchführung dreier Laborversuche nach einführendem Kolloquium, wissenschaftliche Dokumentation (Protokollführung) / <i>Lab Course Advanced Physical Chemistry II:</i> Conduction of three experiments and scientific documentation. <i>Programmierpraktikum Physikalische Chemie:</i> Erwerb von Grundfertigkeiten in wissenschaftlicher Programmierung wie z.B. Python oder LabView, Datenanalyse und -auswertung, Programmierung von Mikrocontrollern und/oder Mikrocomputern. / <i>Programming Lab Physical Chemistry:</i> Introduction to scientific programming (e.g. in Python or in LabView), data analysis, programming of micro-controllers and/or microcomputers.			

	<p><i>Projektpraktikum Physikalische Chemie A:</i> Bearbeitung und wissenschaftliche Dokumentation (Protokollführung) eines Projekts im Bereich der Physikalischen Chemie. / <i>Reserach Lab Physical Chemistry A:</i> Conduction and scientific documentation of (parts of) a current reserach project from physical chemistry.</p> <p><i>Seminar zum Forschungspraktikum Physikalische Chemie A:</i> Teilnahme am wissenschaftlichen Kolloquium, Präsentation und Diskussion aktueller Forschungsergebnisse. / <i>Seminar Research Laboratory Physical Chemistry:</i> Participation in scientific colloquia, presentation and discussion of current research results.</p>
3.	<p>Verwendbarkeit des Moduls / application of the module: Masterstudiengang Chemie, Master's programme in Chemistry</p>
4.	<p>Teilnahmevoraussetzungen / prerequisites: Keine, none</p>
5.	<p>Lehr- und Lernformen / course type: Stationen- bzw. Saalpraktikum, Projektpraktikum (Kleingruppenprojekt), großes Seminar Laboratory Course, Research Laboratory, Seminar</p>
6.	<p>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten / prerequisite for earning credits/type of assessment or examination: Referat (SL) / presentation (not marked) Experimentelle Arbeit (PL) / experimental work (marked examination)</p>
7.	<p>Häufigkeit des Angebots / frequency of courses Jedes Semester, every semester</p>
8.	<p>Lehrende / lecturers: Bauerecker, Hohm, Jacob, Maul (Modulverantwortlicher / module convener), Tschierlei, Walla</p>

CM-B-FPB Forschungspraktikum Physikalische Chemie B				
Research Laboratory Physical Chemistry B				
Wahlpflicht / compulsory elective module	work load 420 h	Leistungspunkte / credits 14 CP	Studiensemester / semester 2-3	Dauer / duration 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen / courses: CM-B-FPBa Projektpraktikum Physikalische Chemie B / Research Lab Physical Chemistry B (KGP) CM-B-FPBb Seminar zum Projektpraktikum Physikalische Chemie B / Seminar for Research Lab B (kS)	Kontaktzeit / face-to-face 224 h 28 h	Selbststudium / self-study 136 h 32 h	Leistungspunkte / credits 12 CP 2 CP
2.	Qualifikationsziele / intended learning outcomes und Inhalte / course content <u>Qualifikationsziele / intended learning outcomes:</u> [DEU] Die Studierenden sind in der Lage, eigenständig eine wissenschaftliche Fragestellung auf dem Gebiet der biophysikalischen Chemie zu bearbeiten. Sie beherrschen die für das jeweilige Forschungsvorhaben erforderlichen Arbeitstechniken und vermögen, selbständig anspruchsvolle Experimente zu planen, durchzuführen, auszuwerten und zu dokumentieren. Die Studierenden überblicken die aktuelle Forschung auf einem ausgewählten Forschungsgebiet und beherrschen die entsprechenden theoretischen Grundlagen. Sie können ihre Forschungsergebnisse kompetent präsentieren und sich einer fachlichen Diskussion in deutscher und englischer Sprache stellen. [ENG] The students are able to independently work on a current scientific problem of (bio-)physical chemistry. They possess advanced experimental and/or theoretical skills required for their research project and are able to plan, perform, analyze and document advanced experiments. They have an overview of the current research in a selected research area and are familiar with its theoretical foundations. They are able to adequately present their research results and to engage in scientific discussions. <u>Inhalte / course content:</u> <i>Praktikum:</i> Bearbeitung und wissenschaftliche Dokumentation (Protokollführung) eines Projekts im Bereich der biophysikalischen Chemie. / <i>Research Lab:</i> Conduction and scientific documentation of (parts of) a current research project from (bio-)physical chemistry. <i>Seminar:</i> Teilnahme am wissenschaftlichen Kolloquium, Vortragspräsentation der eigenen Forschungsergebnisse. / <i>Seminar:</i> Participation in scientific colloquia, presentation and discussion of own research results.			
3.	Verwendbarkeit des Moduls / application of the module: Masterstudiengang Chemie / Master's programme in Chemistry			
4.	Teilnahmevoraussetzungen / prerequisites: Modul CM-B-FPA			
5.	Lehr- und Lernformen / course type: Praktikum (Kleingruppenprojekt), kleines Seminar / project lab, seminar			
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten / prerequisite for earning credits/type of assessment or examination: Experimentelle Arbeit und Referat (PL) / experimental work and presentation (marked examination)			
7.	Häufigkeit des Angebots / frequency of courses Jedes Semester, every term			
8.	Lehrende / lecturers: Bauerecker, Hohm, Jacob, Maul (Modulverantwortlicher / module convener), Tschierlei, Walla			

CM-C-1 Grundlagen der Polymerchemie / Introduction to Polymer Science				
Wahlpflicht / compulsory elective module	work load 240 h	Leistungspunkte / credits 8 CP	Studiensemester / semester 1-3	Dauer / duration 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen / courses: CM-C-1a: Grundlagen der Polymerchemie / Introduction to polymer science(V) CM-C-1b: Praktikum Polymerchemie / lab course polymer science (SP-kS)	Kontaktzeit / face-to-face: 28 h 84 h	Selbststudium / self-study 62 h 66 h	Leistungspunkte / credits 3 CP 5 CP
2.	Qualifikationsziele / intended learning outcomes und Inhalte / course content <u>Qualifikationsziele / intended learning outcomes:</u> [DEU] Die Studierenden haben ein Verständnis für Makromoleküle entwickelt und beherrschen die wesentlichen Möglichkeiten zur Synthese von Polymeren theoretisch und praktisch. Die Studierenden kennen die Bedeutung der besonderen Struktur von Polymeren im Feststoff (als teilkristalliner oder amorpher Werkstoff). Sie kennen ausgewählte technische Produkte und Verfahren und sind in der Lage, die besonderen physikalisch-chemischen Eigenschaften von Polymeren und deren Lösungen zu beurteilen und zu diskutieren. Die Studierenden kennen grundlegende Methoden der Polymeranalytik und sind befähigt deren Einsatzbereiche zu beurteilen und zu diskutieren. [ENG]The students have developed an understanding of macromolecules and master the essential possibilities for the synthesis of polymers theoretically and practically. The students know the significance of the special structure of polymers in solids (as semi-crystalline or amorphous materials). They know selected technical products and processes and are able to assess and discuss the special physical-chemical properties of polymers and their solutions. The students know basic methods of polymer analysis and are able to assess and discuss their areas of application <u>Inhalte / course content:</u> <i>Vorlesung:</i> Grundlegende Definitionen und Begriffe; Grundlagen der Mechanismen und der Kinetik von Stufen- und Kettenreaktionen (Polykondensation, radikalische Polymerisation), industrielle Polymere (Polyester, Polyamide, Polyaramide, Polyurethane), Recycling von Polymeren (Polyester), Polymerisationstechnik (Lösungs-, Gasphasen, Suspensions-, und Emulsions-Polymerisation), Copolymerisation, Block- und Pfropfcopolymere, polymeranaloge Reaktionen, Mechanismen der stereospezifischen und der ringöffnenden Polymerisation. Physikalische Chemie von Polymerlösungen, experimentelle Methoden zur Bestimmung von Molmassen und Molmassenverteilungen (Osmose, Gelpermeations-Chromatographie, Viskosimetrie), Eigenschaften von Polymeren im festen Zustand (Glasübergang, Kristallisation, Schmelzen). / <i>Lecture:</i> Basic definitions and terms; basics of mechanisms and kinetics of step and chain growth reactions (polycondensation, radical polymerisation), industrial polymers (polyesters, polyamides, polyaramides, polyurethanes), recycling of polymers (polyesters), polymerisation techniques (solution, gas phase, suspension and emulsion polymerisation), copolymerisation, block and graft copolymers, polymer analogue reactions, mechanisms of stereospecific and ring-opening polymerisation. Physical chemistry of polymer solutions, experimental methods for the determination of molar masses and molar mass distributions (osmosis, gel permeation chromatography, viscometry), properties of polymers in the solid state (glass transition, crystallisation, melting). <i>Praktikum:</i> Kinetik der Polykondensation (typische Stufenpolymerisation); Einsatz von Überträger zur Molekulargewichtseinstellung in einer radikalischen Polymerisation, Gelpermeationschromatographie der Produkte und Berechnung der Überträgerkonstante; Molekulargewichte der radikalischen Polymerisation im Bulk und in der Emulsionspolymerisation; Ermittlung der Copolymerisationsparameter; Thermische Eigenschaften von Polymeren. / <i>Practical course:</i> kinetics of polycondensation (typical step growth polymerisation); use of transfer agents for molecular weight adjustment in a radical polymerisation, gel permeation chromatography of the products and calculation of the transfer agent constant; molecular weights of radical polymerisation in the bulk and in emulsion polymerisation; determination of copolymerisation parameters; thermal properties of polymers.			
3.	Verwendbarkeit des Moduls / application of the module: Masterstudiengang Chemie, Master's programme in Chemistry			

4.	Teilnahmevoraussetzungen / prerequisites: Keine, none
5.	Lehr- und Lernformen / course type: Vorlesung / Saalpraktikum, lecture/lab course
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten / prerequisite for earning credits/type of assessment or examination: Experimentelle Arbeit (SL, benotet), Mündliche Abschlussprüfung+ oder Klausur+ (PL) nach BPO §5 (3) [Berücksichtigung SL zu 30%]. <i>Practical work (marked), Oral or written exam + (30% of the practical work mark are taken into account in the overall module mark).</i>
7.	Häufigkeit des Angebots Jedes Wintersemester, every winter term
8.	Lehrende Menzel (Modulverantwortlicher, module convener), Dempwolf

CM-C-2, Polymeranalytik				
Vertiefungsrichtung	work load 240 h	Leistungspkt. 8 LP	Studiensemester 1-3	Dauer 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen CM-C-2d Analytik von Makromolekülen (V) CM-C-2e Analytik von polymeren Materialien (V) CM-C-2f Polymeranalytische Fragestellungen aus der Forschungspraxis (KGP)	Kontaktzeit 28 h 28 h 28 h	Selbststudium 62 h 62 h 32 h	Leistungspkt 3 CP 3 CP 2 CP
2.	Qualifikationsziele und Inhalte <u>Qualifikationsziele</u> Die Studierenden haben sich vertieft mit der Chemie und Physik von Makromolekülen und polymeren Materialien beschäftigt und so ein Verständnis für die besonderen Fragestellungen der Polymeranalytik entwickelt. Sie haben den Aufbau und die Eigenschaften von Polymeren in Lösung und im festen Zustand (des polymeren Werkstoffs) erfasst. Die Studierenden sind in der Lage, die Anwendungsgebiete und Grenzen der verschiedenen behandelten analytischen Methoden selbstständig zu beurteilen und sind befähigt für ein gegebenes Analytikproblem geeignete Methoden auszuwählen, zu analysieren und zu bewerten. Sie können ein Methodenkonzept kompetent präsentieren und sich einer fachlichen Diskussion stellen. <u>Inhalte</u> <i>Analytik von Makromolekülen:</i> Die VL behandelt die Besonderheiten von Makromolekülen und führt in die Begriffe und Definitionen der physikalischen Polymerchemie ein. Vorgestellt werden Methoden zur Bestimmung der chemischen Struktur (u.a. NMR), der Molmasse (u.a. Membranosmose, Lichtstreuung, Viskosimetrie), und der Molmassenverteilung. Fraktionierungsmethoden mit und ohne stationäre Phase (u.a. Größenausschlusschromatographie, Feld-Fluss Fraktionierung) werden behandelt. Weiterhin wird die Kopplung von Techniken beleuchtet, um sich möglichst optimal dem analytischen Problem zu nähern. Auch die Eigenschaften von Polymeren in der Schmelze (Rheologie) werden besprochen. Neben den Methoden selber sollen insbesondere deren Anwendungsbereiche, aber auch ihre Limitierungen behandelt und diskutiert werden. <i>Analytik von polymeren Materialien:</i> Die VL behandelt die Besonderheiten von polymeren Materialien und führt in die Begriffe und Definitionen der Polymerphysik ein. Neben den Grundlagen der Viskoelastizität von Polymeren und deren Vernetzung (Gummielastizität) werden Methoden zur Bestimmung der thermischen, mechanischen und dynamisch-mechanischen Eigenschaften, der elektrischen Eigenschaften (dielektrische Spektroskopie) sowie zur Alterung vorgestellt. <i>Seminar/Kleingruppenprojekt:</i> In individuellen Projektaufgaben erarbeiten die Studierenden Lösungsansätze zu analytischen Fragestellungen, die sich an der aktuellen Forschung orientieren. Dabei bieten die in den beiden VL erlernten Methoden die Grundlage anhand derer ein fundierter Konzeptvorschlag für die Lösung der Probleme ausgearbeitet und vorgestellt werden soll. Im Anschluss erfolgt eine Erörterung und Einordnung des Konzepts.			
3.	Verwendbarkeit des Moduls Masterstudiengang Chemie			
4.	Teilnahmevoraussetzungen keine			
5.	Lehr- und Lernformen Vorlesung / Kleingruppenprojekt			
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prüfungsmodalitäten Studienleistung (SL, benotet): Referat zum analytischen Problem (schriftl. Ausarbeitung und Vortrag laut §9 (7) APO) Prüfungsleistung (PL): mündliche Prüfung + (30 Minuten) oder Klausur + (90 Minuten) nach BPO §5 (3) [Berücksichtigung SL zu 20%]			
7.	Häufigkeit des Angebots Jedes Wintersemester			
8.	Lehrende Menzel (Modulverantwortlich), Dempwolf, Sostmann			

CM-C-3 Polymere Werkstoffe				
Wahlpflicht	work load 240 h	Leistungspunkte 8 CP	Studiensemester 1-3	Dauer 2 Semester
1.	Lehrveranstaltungen: CM-C-3a Thermoplastische Werkstoffe (V) CM-C-3b Elastomere Werkstoffe (V) CM-C-3c Exkursion Polymere Werkstoffe (Ex)	Kontaktzeit 28 h 28 h 28 h	Selbststudium 62 h 62 h 32 h	Leistungspunkte 3 CP 3 CP 2 CP
2.	<p>Qualifikationsziele und Inhalte</p> <p><u>Qualifikationsziele:</u> Die Studierenden haben ein Grundverständnis für wichtige polymere Werkstoffe erlangt. Sie kennen die wichtigsten thermoplastischen und elastischen Werkstoffe und deren Herstellungsprozess vom Rohstoff bis zum Material sowie wichtige Verarbeitungsverfahren. Sie sind in der Lage, die physikalisch-chemischen Eigenschaften dieser Materialien zu beurteilen und zu diskutieren. Die Studierenden haben ein Verständnis für Elastizität und den Werkstoff „Gummi“ entwickelt und die wesentlichen Möglichkeiten zum Aufbau sowie der Herstellung von Gummirezepturen kennengelernt. Anhand von Beispielen haben sie die wichtigsten Anwendungsbereiche von Thermoplasten nämlich Verpackung, Spritzgussteile, Fasern und Folien kennengelernt. Diese Kenntnisse werden durch eine Exkursion in der die Studenten die Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse im industriellen Umfeld kennenlernen vertieft.</p> <p><u>Inhalte:</u> Vorlesung „Thermoplastische Werkstoffe“: Einführung in die Grundlagen der Polymersynthese, Rohstoffbasis, Herstellung, Verarbeitung und Anwendung von Polyolefinen als Massenkunststoffe, Polystyrol, PVC als weitere Massenkunststoffe, Acrylate und Methacrylate als Materialien für besondere Anwendungen, Polyester und Polyacrylnitril für die Faserherstellung, Polyamide, Polyamide und andere Hochleistungswerkstoffe, Polymerrecycling Vorlesung „Elastomere Werkstoffe“: Grundlagen der Chemie und Technologie kautschukartiger Werkstoffe, Kenntnisse über die Verarbeitung von Kautschukmischungen (Verfahrens- und Produktionstechnik der Kautschukverarbeitung), Herstellungsverfahren und Konstruktionsgrundlagen für typische Produkte aus dem Werkstoff "Gummi", Eigenschaften von Elastomer-Produkten, spezielle Aspekte der Analytik von Elastomeren. Exkursion/Seminar: Besuch in Betrieben die thermoplastische bzw. elastische Werkstoffe herstellen oder verarbeiten. Die Exkursion wird durch ein Seminar vorbereitet.</p>			
3.	Verwendbarkeit des Moduls: Masterstudiengang Chemie			
4.	Teilnahmevoraussetzungen keine			
5.	Lehr- und Lernformen: Vorlesung / Exkursion			
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten Teilnahme an der Exkursion (SL) mündliche Prüfung oder Klausur (PL) nach BPO §5 (3)			
7.	Häufigkeit des Angebots Jedes Sommersemester			
8.	Lehrende Menzel (Modulverantwortlicher), Sostmann			

CM-C-4 Materialien für die Elektrokatalyse mit Labor <i>pro</i>				
Vertiefungsrichtung	work load 240 h	Leistungspkt. 8 LP	Studiensemester 1-3	Dauer 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen CM-C-4a Elektrokatalyse Vorlesung (V) CM-C-4b Elektrokatalyse Übung (Ü) CM-C-4c Elektrokatalyse Labor <i>pro</i> (SP-kS)	Kontaktzeit 28 h 14 h 42 h	Selbststudium 156 h	Leistungspkt 8 LP
2.	Qualifikationsziele und Inhalte <u>Qualifikationsziele</u> Die Studierenden erwerben tiefere Kenntnisse im Bereich der Elektrokatalyse. Sie sind in der Lage, die verschiedenen Katalysatorkonzepte zu den elektrochemischen Reaktionen zu beschreiben, erklären und zu bewerten. Die Studierenden können ihr erlerntes Wissen auf konkrete Fragestellungen in der elektrochemischen Energiekonversion und -speicherung anwenden und Lösungswege skizzieren. Die Studierenden erwerben im Labor vertiefte experimentellen Fertigkeiten und die Fähigkeit zur Darstellung, Analyse und Diskussion von elektrochemischen Messergebnissen. <u>Inhalte</u> Kinetik und Adsorptionsprozesse an Elektrodenoberflächen, Butler-Volmer-Gleichung, heterogener Elektronentransfer, elementare Prozesse an der Grenzfläche zwischen Elektrode und Elektrolyt, Analyse von Polarisationskurven, Einkristall- und Nanopartikeluntersuchungen, Untersuchung von Dünnschichten bis zu porösen Elektrodensystemen, D-Band-Modell in der Elektrokatalyse, verschiedene Methoden zur elektrochemisch aktiven Oberflächen-Bestimmung, Beschreibung von Überspannungen aufgrund von Ladungs- und Stofftransportprozessen. Folgende elektrochemische Reaktionen werden behandelt: Oxidation/Evolution von Wasserstoff und Sauerstoff (HOR/HER und ORR/OER), Oxidation von Alkoholen und elektrochemische Reduktion von CO ₂ und N ₂ . Versuchsplanung, elektrochemische Charakterisierung von Elektrokatalysatoren, Messdatenauswertung, Interpretation und Aufklärung von Reaktionsmechanismen.			
3.	Verwendbarkeit des Moduls Masterstudiengang Chemie			
4.	Teilnahmevoraussetzungen Keine			
5.	Lehr- und Lernformen Vorlesung / Übung / Labor (Stationenpraktikum (experimentelle Übung))			
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prüfungsmodalitäten Studienleistung (SL): Experimentelle Arbeit inkl. Protokollführung und Abschlussgespräch Prüfungsleistung (PL): mündliche Prüfung (30 Minuten) oder Klausur (90 Minuten)			
7.	Häufigkeit des Angebots Jedes Wintersemester			
8.	Lehrende Özaslan (Modulverantwortlich)			

CM-C-5 Moderne Methoden zur Aufklärung von Materialeigenschaften				
Vertiefungsrichtung	work load 240 h	Leistungspkt. 8 LP	Studiensemester 1-3	Dauer 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen CM-C-5a Oberflächenanalytik Vorlesung (V) CM-C-5b Strukturaufklärung von aktiven Materialien, Katalysatoren und Elektroden Vorlesung (V) CM-C-5c Materialanalytische Herausforderungen aus der Forschungspraxis Seminar (kS)	Kontaktzeit 84 h	Selbststudium 156 h	Leistungspkt 8 LP
2.	Qualifikationsziele und Inhalte <u>Qualifikationsziele</u> Die Studierenden erwerben tiefere Kenntnisse im Bereich der Aufklärung von Material- und Oberflächeneigenschaften. Sie sind in der Lage, die Anwendungsgebiete und Grenzen der verschiedenen behandelten analytischen Methoden selbstständig zu beurteilen und sind befähigt für ein gegebenes Analytikproblem geeignete Methoden auszuwählen, zu interpretieren und die erhaltenen Ergebnisse zu bewerten. Sie können ein Methodenkonzept kompetent präsentieren und sich einer fachlichen Diskussion stellen. <u>Inhalte</u> <i>Strukturaufklärung von aktiven Materialien, Katalysatoren & Elektroden:</i> Struktureigenschaften von aktiven Materialien (wie z.B. Batterie-, Elektrolyse- und Brennstoffzellenmaterialien), Katalysatoren für heterogene Reaktionen sowie Elektrodenmaterialien für die elektrochemische Energiekonversion werden anhand von modernen forschungsnahen Methoden wie Raman/Infrarot-Spektroskopie, Rasterkraftmikroskopie (AFM), Röntgenabsorptionsspektroskopie (XAS), Mikro-Röntgenfluoreszenzspektroskopie (μ -XRF), Röntgenphotoelektronenspektroskopie (XPS), Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) und Differential electrochemical mass spectroscopy (DEMS) erörtert sowie die Kopplung von Methoden für in-situ / operando Untersuchungen. <i>Oberflächenanalytik:</i> Die VL behandelt chemische und physikalische Eigenschaften von Oberflächen und vertieft das Verständnis von Methoden, die Anwendung finden, um Oberflächen- im Gegensatz zu Volumeneigenschaft eines Materials zu untersuchen. Dabei wird auch auf die Oberflächenempfindlichkeit (Informationstiefe) eingegangen. Es werden u.a. Methoden der Rastersondenmikroskopie (AFM etc.), der Elektronenmikroskopie, der Elektronenspektroskopie (z.B. XPS) der Schwingungsspektroskopie (IR, Raman), der Ionenspektroskopie (SIMS) aber auch Methoden zur Untersuchung von Schichtdicken (Ellipsometrie) oder zur Untersuchung von Oberflächenspannungen (Kontaktwinkelmessungen) vorgestellt. Neben der Methodik selber sollen insbesondere die Anwendungsbereiche aber auch die Limitierungen der Methoden behandelt und diskutiert werden. <i>Seminar:</i> In individuellen Projektaufgaben erarbeiten die Studierenden Lösungsansätze zu analytischen Herausforderungen, die sich an der aktuellen Forschung orientieren. Dabei bieten die in den Vorlesungen erlernten Methoden die Grundlage anhand derer ein fundierter Konzeptvorschlag für die Lösung der Probleme ausgearbeitet und vorgestellt werden soll. Im Anschluss erfolgt eine Erörterung und Einordnung des Konzepts.			
3.	Verwendbarkeit des Moduls Masterstudiengang Chemie			
4.	Teilnahmevoraussetzungen Keine			
5.	Lehr- und Lernformen Vorlesung / Seminar			
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prüfungsmodalitäten Studienleistung (SL): Referat (schriftliche Ausarbeitung und Vortrag laut §9 (7) APO Prüfungsleistung (PL): mündliche Prüfung (30 Minuten) oder Klausur (90 Minuten)			
7.	Häufigkeit des Angebots Jedes Wintersemester			
8.	Lehrende Menzel (Modulverantwortlich), Özaslan, Dempwolf, Hasché			

CM-C-FPA Forschungspraktikum Materialchemie A Research Laboratory Materials Chemistry A				
Wahlpflicht compulsory elective module	work load 420 h	Leistungspunkte / credits 14 CP	Studiensemester / semester 1-3	Dauer / duration 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen / courses: CM-C-FPAa Forschungspraktikum Materialchemie A / Research Laboratory Materials Chemistry A (KGP) CM-C-FPAb Seminar zum Forschungspraktikum Materialchemie A / Seminar for Research Lab A(gS)	Kontaktzeit / face-to-face 240 h 28 h	Selbststudium / self-study 120 h 32 h	Leistungspunkte / credits 12 CP 2 CP
2.	Qualifikationsziele / intended learning outcomes und Inhalte / course content <u>Qualifikationsziele / intended learning outcomes:</u> [DEU] Die Studierenden beherrschen fortgeschrittene Arbeitstechniken der Materialchemie. Sie sind in der Lage, Experimente zu planen, durchzuführen, auszuwerten und wissenschaftlich zu dokumentieren, wobei sie einen grundlegenden Einblick in aktuelle Forschungsvorhaben gewonnen und an deren Umsetzung mitgewirkt haben. Sie sind mit den Techniken universitärer Forschung und wissenschaftlicher Praxis vertraut und haben einen Überblick über die aktuellen Forschungsvorhaben im Bereich der Materialchemie. Sie sind in der Lage, wissenschaftliche Literatur in englischer Sprache aufzufinden und zu erfassen. [ENG]The students possess advanced experimental skills in materials chemistry. They are able to plan, perform, and analyze experiments and simulations and the scientifically document their research. They have participated in and contributed to a current research project. They are familiar with the techniques of scientific reserach as well as good scientific practices and are able to use scientific databases. They are able to find and comprehend scientific arcticles. <u>Inhalte / course content:</u> <i>Praktikum:</i> Bearbeitung und wissenschaftliche Dokumentation (Protokollführung) von Teilaspekten eines aktuellen Forschungsvorhabens im Bereich der Materialchemie. / <i>Research Lab:</i> Conduction and scientific documentation of (parts of) a current reserach project from materials chemistry. <i>Seminar:</i> Teilnahme am wissenschaftlichen Kolloquium, Präsentation und Diskussion aktueller Forschungsergebnisse. / <i>Seminar:</i> Participation in scientific colloquia, presentation and discussion of current research results.			
3.	Verwendbarkeit des Moduls / application of the module: Masterstudiengang Chemie, Master's programme in Chemistry			
4.	Teilnahmevoraussetzungen / prerequisites: Keine, none			
5.	Lehr- und Lernformen / course type: Praktikum (Kleingruppenprojekt) / großes Seminar, experimental work, seminar			
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten / prerequisite for earning credits/type of assessment or examination: Experimentelle Arbeit (PL) / experimental work (marked examination)			
7.	Häufigkeit des Angebots / frequency of courses Jedes Semester, every term			
8.	Lehrende / lecturers: Hasché, Menzel (Modulverantwortlicher / module convener), Özaslan, Sostmann, Wichmann, Dempwolf, N.N. (NF Schröder)			

CM-C-FPB Forschungspraktikum Materialchemie B				
Research Laboratory Materials Chemistry B				
Wahlpflicht compulsory elective module	work load 420 h	Leistungspunkte/ credits 14 CP	Studiensemester/ semester 2-3	Dauer/ duration 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen / courses: CM-C-FPBa Projektpraktikum Materialchemie B / Research Laboratory Materials Chemistry B (KGP) CM-C-FPBb Seminar zum Projektpraktikum Materialchemie B / Seminar for Research Laboratory Materials Chemistry (kS)	Kontaktzeit/ face-to-face 240 h 14 h	Selbststudium/ self-study 120 h 46 h	Leistungspunkte/ credits 12 CP 2 CP
2.	Qualifikationsziele / intended learning outcomes und Inhalte / course content			
	<u>Qualifikationsziele / intended learning outcomes:</u> [DEU] Die Studierenden sind in der Lage, eigenständig eine wissenschaftliche Fragestellung auf dem Gebiet der Materialchemie zu bearbeiten. Sie beherrschen die für das jeweilige Forschungsvorhaben erforderlichen Arbeitstechniken und vermögen, selbständig anspruchsvolle Experimente zu planen, durchzuführen, auszuwerten und zu dokumentieren. Die Studierenden überblicken die aktuelle Forschung auf einem ausgewählten Forschungsgebiet und beherrschen die entsprechenden theoretischen Grundlagen. Sie können ihre Forschungsergebnisse kompetent präsentieren und sich einer fachlichen Diskussion in deutscher und englischer Sprache stellen. [ENG] The students possess advanced experimental skills in inorganic and organic chemistry. They are able to plan, perform, and analyze experiments and simulations and the scientifically document their research. They have participated in and contributed to a current research project. They have experience in the synthesis, isolation, purification, characterization of inorganic, organic, and metal-organic compounds and are able to apply analytical methods relevant to the specific research projects. They are familiar with the techniques of scientific research as well as good scientific practices and are able to use scientific databases. They are able to find and comprehend scientific articles.			
	<u>Inhalte / course content:</u> <i>Praktikum:</i> Bearbeitung und wissenschaftliche Dokumentation (Protokollführung) eines Projekts im Bereich der Materialchemie. / <i>Research Lab:</i> Conduction and scientific documentation of (parts of) a current research project from materials chemistry. <i>Seminar:</i> Teilnahme am wissenschaftlichen Kolloquium, Vortragspräsentation der eigenen Forschungsergebnisse. / <i>Seminar:</i> Participation in scientific colloquia, presentation and discussion of own research results.			
3.	Verwendbarkeit des Moduls / application of the module: Masterstudiengang Chemie, Master's programme in Chemistry			
4.	Teilnahmevoraussetzungen / prerequisites: Modul CM-C-FPA			
5.	Lehr- und Lernformen / course type: Praktikum (Kleingruppenprojekt) / kleines Seminar, experimental work / seminar			
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten / prerequisite for earning credits/type of assessment or examination: Experimentelle Arbeit und Referat (PL) / experimental work and presentation (marked examination)			
7.	Häufigkeit des Angebots / frequency of courses Jedes Semester, every term			
8.	Lehrende / lecturers: Hasché, Menzel (Modulverantwortlicher / module convener), Özasan, Sostmann, Wichmann, Dempwolf, N.N. (NF Schröder)			

CM-D-1 Katalyse / Catalysis				
Wahlpflicht compulsory elective module	work load 240 h	Leistungspunkte/ credits 8 CP	Studiensemester/ semester 1-3	Dauer/ duration 2 Semester
1.	Lehrveranstaltungen / courses: CM-D-1a Angewandte Homogene Katalyse / Applied homogenous catalysis (V) CM-D-1b Angewandte Heterogene Katalyse und kataly- tische Polymersynthesen / Applied Hetero- geneous Catalysis and Catalytic Polymer Syntheses (V) CM-D-1c Praktikum Metallkatalyse / Lab Course Cata- lysis (SP.kS)	Kontaktzeit/ face-to-face 28 h 28 h 28 h	Selbststudium/ self-study 62 h 62 h 32 h	Leistungspunkte/ credits 3 CP 3 CP 2 CP
2.1	Qualifikationsziele / intended learning outcomes / intended learning outcomes [DEU] Die Studierenden beherrschen die Grundprinzipien der homogenen Katalyse und ihrer Abgrenzung zur heterogenen Katalyse und können die zugrundeliegenden Elementarreaktionen auf katalytische Prozesse sicher anwenden. Sie besitzen einen Überblick über die wichtigsten metallkatalysierten industriellen Verfahren sowie über aktuelle Entwicklungen und moderne Aspekte der Katalyseforschung. Die Studierenden kennen Verfahren der metallkatalysierten Polymersynthese und sind in der Lage, die Vorteile dieser Verfahren gegenüber klassischen nicht-katalytischen Verfahren zu beurteilen und zu diskutieren. Sie kennen Methoden zur Charakterisierung von Polymeren sowie deren Einsatzbereiche und sind in der Lage diese Methoden zu beurteilen. [ENG] The students master the basic principles of homogeneous catalysis and the differentiation to heterogeneous catalysis and can confidently apply the underlying elementary reactions to catalytic processes. They have an overview of the most important metal-catalyzed industrial processes as well as of current developments and modern aspects of catalysis research. The students are familiar with methods of metal-catalyzed polymer synthesis and are able to evaluate and discuss the advantages of these methods compared to classical non-catalytic methods. They are familiar with methods for the characterization of polymers as well as their fields of application and are able to evaluate these methods. Inhalte / course content: <i>Vorlesung Angewandte homogene Katalyse:</i> Gesellschaftliche Relevanz, metallorganische Grundlagen der Katalyse, Elementarreaktionen, Katalysezyklen, industrielle Anwendungen (Wacker-Prozess, Essigsäure-Darstellung, Hydroformylierung, Hydrocyanierung, Hydrierung, Carbonylierungen, Oligomerisation und Polymerisation von Olefinen und Dienen, Copolymerisation von CO und Olefinen), aktuelle Entwicklungen (C-C-Kreuzkupplungen, CH-Aktivierung und Funktionalisierung, Oxidationsreaktionen, asymmetrische Katalyse, Alkan-, Olefin- und Alkinmetathese), Beiträge der homogenen Katalyse zur nachhaltigen und ressourcenschonenden Entwicklung der Chemie, Aufklärung von Reaktionsmechanismen. / <i>Lecture Applied homogeneous catalysis:</i> Societal relevance, metal-organic basics of catalysis, elementary reactions, catalytic cycles, industrial applications (Wacker process, acetic acid preparation, hydroformylation, hydrocyanation, hydrogenation, carbonylations, oligomerisation and polymerization of olefins and dienes, copolymerization of CO and olefins), recent developments (C-C cross-couplings, CH activation and functionalization, oxidation reactions, asymmetric catalysis, alkane, olefin and alkyne metathesis), contributions of homogeneous catalysis to sustainable and resource-efficient development of chemistry, elucidation of reaction mechanisms.			

2.	<p><i>Vorlesung Angewandte Heterogene Katalyse und katalytische Polymersynthesen:</i> Grundlagen der Heterogenen Katalyse, Adsorption und Kinetik, Theoretische Konzepte, Herstellung und Charakterisierung von Katalysatoren, Desaktivierung, Stofftransport, Reaktoren für Katalysatoren, Industrielle Katalyse, Polymerisation mit Übergangsmetallkomplexen, Ziegler-Natta-Polymerisation, Phillips-Katalysatoren, Metallocen- und Post-Metallocen-Katalysatoren, Metathesepolymerisationen / <i>Lecture Applied Heterogeneous Catalysis and Catalytic Polymer Syntheses:</i> Fundamentals of heterogeneous catalysis, adsorption and kinetics, theoretical concepts, preparation and characterization of catalysts, deactivation, mass transfer, reactors for catalysts, industrial catalysis, polymerization with transition metal complexes, Ziegler-Natta polymerization, Phillips catalysts, metallocene and post-metallocene catalysts, metathesis polymerizations,</p> <p><i>Praktikum:</i> Bearbeitung zweier Projekte; a) Synthese, Charakterisierung und Einsatz eines Katalysators in der homogenen Katalyse; b) Synthese eines Polymers durch Metallkatalyse. / <i>Practical course:</i> work on two projects; a) synthesis, characterization and use of a catalyst in homogeneous catalysis; b) synthesis of a polymer by metal catalysis.</p>
3.	<p>Verwendbarkeit des Moduls / application of the module/application of the module: Masterstudiengang Chemie / Master's programme in Chemistry</p>
4.	<p>Teilnahmevoraussetzungen / prerequisites/prerequisites: Keine/none</p>
5.	<p>Lehr- und Lernformen / course type/course type: Vorlesung, Praktikum / Lecture, practical course</p>
6.	<p>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten / prerequisite for earning credits/type of assessment or examination/ prerequisite for earning credits/type of assessment or examination: Praktikum: Experimentelle Arbeit (PL, 25 %) Vorlesungen: mündliche Prüfung oder Klausur (PL, 75 %) nach BPO §5 (3)/ Practical course: Lab work (25% of overall module mark) Lectures: oral or written exam (75% of overall module mark)</p>
7.	<p>Häufigkeit des Angebots / frequency of courses/frequency of courses: Vorlesung und Praktikum: jedes Sommersemester Lecture and practical course: every summer term</p>
8.	<p>Lehrende / lecturers/lecturers: Bannenberg, Menzel, Prüße, Tamm, Walter (Modulverantwortlicher / module convener)</p>

CM-D-2 Theorie und Struktur				
Wahlpflicht	work load 240 h	Leistungspunkte 8 CP	Studiensemester 1-3	Dauer 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen: CM-D-2a Röntgenstrukturanalyse (V) CM-D-2b Übung Röntgenstrukturanalyse (kS) CM-D-2c Strukturvorhersage (V) CM-D-2d Übung Computerchemie (kS)	Kontaktzeit 28 h 14 h 28 h 14 h	Selbststudium 62 h 16 h 62 h 16 h	Leistungspunkte 3 CP 1 CP 3 CP 1 CP
2.	Qualifikationsziele und Inhalte <u>Qualifikationsziele:</u> Die Studierenden sind in der Lage, den Zusammenhang zwischen Molekülstrukturen und deren Energien zu analysieren. Ihnen ist das Konzept der Energiehyperfläche mit ihren stationären Punkten vertraut. Sie beherrschen die Methoden der Röntgenstrukturanalyse zur Beschreibung der jeweiligen Minima und können mit Hilfe fortgeschrittener quantenchemischer Verfahren auch die relevanten Übergangszustände charakterisieren. Die Studierenden besitzen die Fähigkeit zur Abstraktion sowie zur Behandlung komplexer mathematischer Sachverhalte. Neben den physikalischen-mathematischen Grundlagen beherrschen die Studierenden die grundlegenden Techniken der Versuchsplanung und -durchführung sowie der Auswertung und Interpretation von Röntgenstrukturanalysen. Die Studierenden sind befähigt, selbstständig einfache Kristallstrukturbestimmung experimentell durchführen und beherrschen den Umgang mit der benötigten Software. Die Studierenden beherrschen neben den theoretischen Grundlagen der Strukturoptimierung auch den Umgang mit modernen Programmen der Quantenchemie. <u>Inhalte:</u> <i>Vorlesung Röntgenstrukturanalyse:</i> Vertiefung der Grundbegriffe der Kristallographie (Gitter, Symmetrie, IAM, Physik der Röntgenstreuung), Messtechnik und Probenpräparation, Datenreduktion (Indizierung, Absorptions-, LP-Korrektur), Matrix-Methoden, Methoden der Strukturverfeinerung (Restrains, Constraints) und -lösung (Schweratommethode, direkte Methoden, charge-flipping, Realraummethoden), Zwillinge, modulierte Strukturen, Fehlordnung, ausgewählte spezielle Aspekte der RSA (z. B. Pulvermethoden, Hochdruckmethoden, Neutronenbeugung, Elektronendichtebestimmung, Invariomverfeinerung, HART, <i>in-situ</i> Kristallisation). <i>Übung Röntgenstrukturanalyse:</i> Vorstellung und Lösung verschiedener röntgenstrukturanalytischer Probleme am Computer, experimentelle Durchführung einer Kristallstrukturbestimmung. <i>Vorlesung Strukturvorhersage:</i> Wiederholung und Vertiefung der Prinzipien der klassischen Mechanik (Zustandsfunktionen, Differentialgleichungen etc.) und der Quantenmechanik (Wellen, Operatoren, Schrödinger-Gleichung etc.), Theorie der chemischen Bindung, Born-Oppenheimer-Näherung, Eielektronen-Näherung, LCAO-Näherung, Grundlagen der Dichtefunktional-Theorie, Freie Energie-Methoden, empirische Potentialfunktionen, Parameterbestimmung, Konformationsanalysen, Monte Carlo Techniken. <i>Übung zur Computerchemie:</i> Einsatz theoretischer Konzepte zur Beantwortung typischer Fragestellungen aus der experimentellen Chemie.			
3.	Verwendbarkeit des Moduls: Masterstudiengang Chemie			
4.	Teilnahmevoraussetzungen: keine			
5.	Lehr- und Lernformen: Vorlesung / praktische Übung (kleines Seminar)			
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten: Röntgenstrukturanalyse: mündliche Prüfung oder Klausur (PL, 50 %) nach BPO §5 (3), Strukturvorhersage: mündliche Prüfung oder Klausur (PL, 50 %) nach BPO §5 (3)			
7.	Häufigkeit des Angebots: Jedes Sommersemester			
8.	Lehrende: Grunenberg, Kleeberg (Modulverantwortlicher)			

CM-D-3 Fortgeschrittene Organische Chemie				
Wahlpflicht	work load 240 h	Leistungs- punkte 8 CP	Studiensemester 1-3	Dauer 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen: CM-D-3a Synthesemethoden (V) CM-D-3b Übung Synthesemethoden (Ü)	Kontaktzeit 56 h 28 h	Selbststudium 124 h 32 h	Leistungspunkte 6 CP 2 CP
2.	<p>Qualifikationsziele und Inhalte</p> <p><u>Qualifikationsziele:</u> Die Studierenden sind in der Lage, Moleküle und Strukturen gezielt zu verändern und mehrstufige Synthesesequenzen insbesondere für Naturstoffe vorzuschlagen. Ihr Verständnis verschiedenartiger Reaktionsmechanismen erlaubt es den Studierenden, den stereo- und regiochemischen Verlauf organisch-chemischer Transformationen vorherzusagen.</p> <p><u>Inhalte:</u> Das Modul bietet eine Auswahl von Themen, die ausgewogen in Vorlesungen und Übungen behandelt werden und die Studierenden auf eigenständige Forschungstätigkeit vorbereiten. Der Vorlesungsblock <i>Synthesemethoden</i> setzt sich aus den folgenden, jährlich wechselnden Komponenten zusammen (jeweils 1 SWS oder 2 SWS pro Vorlesung).</p> <p><i>Vorlesung Heterozyklenchemie (2 SWS):</i> Synthese, Funktionalisierung und Eigenschaften von drei-, vier-, fünf-, sechs- und siebengliedrigen Heterozyklen, insbesondere von Oxiranen, Aziridinen, Furanen, Pyrrolen, Imidazolen, Indolen, Pyridinen, Chinolinen; Heterozyklen als essentielle Teilstrukturen von Naturstoffen, Medikamenten, Reagenzien und Katalysatoren; Heterozyklen in Lebensprozessen.</p> <p><i>Vorlesung Stereoselektive Synthese (1 SWS):</i> Aspekte diastereoselektiver und enantioselektiver Synthesen, Stereoisomere als Edukte von Synthesen, Retention oder Inversion eines Chiralitätszentrums, Additionen an Carbonylgruppen, stereoselektive Reaktionen von Enolatäquivalenten, stereoselektive Reduktionen, Differenzierung enantiotoper Gruppen.</p> <p><i>Vorlesung Syntheseplanung (2 SWS):</i> Retrosynthese, Funktionsgruppenumwandlungen, Chemoselektivität, Schutzgruppenchemie, atomökonomische Synthese, mehrstufige Sequenzen, biomimetische Synthese, Naturstoffsynthese, aktuelle Beispiele aus der Fachliteratur.</p> <p><i>Vorlesung Perizyklische Reaktionen (1 SWS):</i> Stereokontrolle durch Orbitalkontrolle, Woodward-Hoffmann-Regeln, elektrozyklische Reaktionen, sigmatrope Umlagerungen, Zykladditionen, En-Reaktionen, Vorhersage der Reaktivität von π-Systemen unter thermischen und photochemischen Reaktionsbedingungen, perizyklische Reaktionen in der Natur.</p> <p><i>Vorlesung Metalle in der Organischen Synthese (1 SWS):</i> Synthese und Eigenschaften von Organolithium-, -magnesium-, -bor-, -aluminium-, -zinn-, -zink- und -kupferverbindungen, metallvermittelte C-C-Verknüpfungen in der Organischen Synthese, Metallorganische Reaktionen in der Industrie.</p> <p><i>Übung:</i> Vertiefung des Lehrinhalts der jeweils angebotenen Vorlesungskomponenten, Vorbereitung auf die Modulabschlussprüfung</p>			
3.	Verwendbarkeit des Moduls: Masterstudiengang Chemie			
4.	Teilnahmevoraussetzungen: Keine			
5.	Lehr- und Lernformen: Vorlesung / Übung			
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten: Mündliche Prüfung oder Klausur (PL) nach BPO §5 (3)			
7.	Häufigkeit des Angebots Jedes Wintersemester			
8.	Lehrende: Lindel (Modulverantwortlicher), Schulz, Teskey			

CM-D-4 Fortgeschrittene Anorganische Chemie / Advanced Inorganic Chemistry				
Wahlpflicht / compulsory elective module	work load 240 h	Leistungspunkte / credits 8 CP	Studiensemester / semester 1-3	Dauer / duration 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen / courses: CM-D-4a Fortgeschrittene Anorganische Chemie / Advanced Inorganic Chemistry (V) CM-D-4b Seminar Paramagneten / Seminar Paramagnets (kS)	Kontaktzeit face-to-face 56 h 28 h	Selbststudium Self-study 124 h 32 h	Leistungspunkte credits 6 CP 2 CP
2.	Qualifikationsziele und Inhalte / qualification goals and content <u>Qualifikationsziele / qualification goals:</u> [DEU] Die Studierenden sind in der Lage, anorganische Molekülverbindungen und Strukturen gezielt aufzubauen und hinsichtlich ihrer Struktur-Wirkungsbeziehungen zu interpretieren und zu verändern. Ihr Verständnis der Funktion anorganischer Verbindungen in der Biosphäre sowie in supramolekularen Aggregaten erlaubt den Studierenden die Diskussion neuartiger Modellverbindungen, Schalter, Magnete und Katalysatoren auf Übergangsmetallbasis. Ungewöhnliche Struktur- und Bindungsverhältnisse werden kompetent bewertet. Die Studierenden besitzen zudem Kenntnisse zur Interpretation und Modellierung von Spektren paramagnetischer Verbindungen und wenden diese selbstständig an. [ENG] The students are able to specifically build up inorganic molecular compounds and structures and to interpret and modify them with regard to their structure-activity relationships. Their understanding of the function of inorganic compounds in the biosphere as well as in supramolecular aggregates allows the students to discuss novel model compounds, switches, magnets and catalysts based on main group- and transition metals. Unusual structural and bonding relationships are competently evaluated. Students also have knowledge of interpreting and modelling spectra of paramagnetic compounds, and apply these independently.			
	<u>Inhalte/ content:</u> Das Modul „Fortgeschrittene Anorganische Chemie“ bietet eine vielseitige Auswahl von Themen, die ausgewogen in Vorlesungen und Übungen behandelt werden und die Studierenden auf eigenständige Forschungstätigkeit vorbereiten. Der Vorlesungsblock <i>Fortgeschrittene Anorganische Chemie</i> setzt sich aus den folgenden, jährlich wechselnden Komponenten zusammen. The module "Advanced Inorganic Chemistry" offers a versatile selection of topics, which are treated in a balanced way in lectures and exercises and prepare the students for independent research activities. The lecture block 'Advanced Inorganic Chemistry' is composed of two of the following components, which change annually.			
	<i>Vorlesung Moderne Aspekte der Koordinationschemie:</i> Ligandenfeldtheorie: Starkfeldansatz, Schwachfeldansatz, Atomterme, Korrelationsdiagramme, Interpretation von optischen Übergängen, molekularer Magnetismus, Spin-Only-Formel, Bahnmomente, Bahnmomentlöschung, Spin-Bahn-Kopplung, Trends bei 3d- und 4f-Elementen, Spin-Crossover, Spin-Dynamiken, magnetische Kommunikation, Superaustausch, Spinpolarisation, Spindelokalisation, Doppelaustausch, Hochspinmoleküle, Nullfeldaufspaltung, magnetisches Tunneln, Non-Innocence, Spektroskopie <i>Lecture Modern Aspects of Coordination Chemistry:</i> Ligand Field Theory: Strong field approach, weak field approach, atomic terms, correlation diagrams, interpretation of optical transitions, molecular magnetism, spin-only formula, orbital moments, orbital moment cancellation, spin-orbit coupling, trends in 3d and 4f elements, spin crossover, spin dynamics, magnetic communication, super-exchange, spin polarisation, spin delocalisation, double exchange, high spin molecules, zero field splitting, magnetic tunnelling, non-innocence, spectroscopy.			
	<i>Vorlesung Supramolekulare Koordinationschemie:</i> Klassen nicht-kovalenter Wechselwirkungen, Energetik, dynamisches und statisches Verhalten, Ordnungsprinzipien, Netzwerke, MOFs (Metal Organic Frameworks), Koordinationspolymere, brick-and-mortar-Verfahren, Complex-as-Ligand-Ansatz, Molecules-to-Materials, Solvothermalsynthesen, Templatsynthesen, Stapelverbindungen, Oberflächenfunktionalisierung, Auophilie als Steuerinstrument, Nanostrukturierung. <i>Lecture Supramolecular</i>			

	<p><i>Coordination Chemistry:</i> Classes of non-covalent interactions, energetics, dynamic and static behaviour, ordering principles, networks, MOFs (Metal Organic Frameworks), co-ordination polymers, brick-and-mortar processes, complex-as-ligand approach, molecules-to-materials, solvothermal syntheses, template syntheses, stacked compounds, surface functionalisation, aurophilicity as a control tool, nanostructuring.</p> <p><i>Vorlesung Bioanorganische Modellsysteme:</i> Historisches, Überblick über Metalloproteine, mechanistisches Modelldenken, biogene Liganden, Einteilung von Modellsystemen (spekulatives Modell, Strukturmodell, Funktionsmodell), biologische und chemische Modellierung, bioisomorphe Substitution, Site-Specific Mutagenesis, Modellkomplexe für Eisensequestrierung, Hydrolasen, Lichtsammlung, Sauerstoffmanagement, Elektronentransfer, Stickstoffzyklus, Hydrogenasen. <i>Lecture Bioinorganic Model Systems:</i> Historical overview of metalloproteins, mechanistic models, bio-genic ligands, classification of model systems (speculative model, structural model, functional model), biological and chemical modelling, bioisomorphic substitution, site-specific mutagenesis, model complexes for iron sequestration, hydrolases, light collection, oxygen management, electron transfer, ni-trogen cycle, hydrogenases.</p> <p><i>Vorlesung Synthese Anorganischer Molekülverbindungen:</i> Symmetrie, Struktur und Bindungseigenschaften von Molekülen, Hydride der Elemente, polyedrische Borane und Carborane, Silane und Hydrosilylierung, Carben-, Alken- und Alkin-Analoga der Hauptgruppenelemente (Element-Element-Mehrfachbindungen), Koordinationszahlen > 4 bei Hauptgruppenelementen (Hypervalenz), Supramolekulare Chemie (schwache Wechselwirkungen), anorganische Ringe, Ketten und Cluster, elementorganische Verbindungen in der organischen Synthese und Katalyse, frustrierte Lewis-Säure-Base-Paare, moderne Methoden zur Funktionalisierung von Hauptgruppenelementen. <i>Lecture Synthesis of Inorganic Molecular Compounds:</i> Symmetry, structure and bonding properties of molecules, hydrides of elements, polyhedral boranes and carboranes, silanes and hydrosilylation, car-bene, alkene and alkyne analogues of main group elements (element-element multiple bonds), coordination numbers > 4 for main group elements (hypervalency), Supramolecular chemistry (weak interactions), inorganic rings, chains and clusters, elementorganic compounds in organic synthesis and catalysis, frustrated Lewis acid-base pairs, modern methods for functionalisation of main group elements.</p> <p><i>Vorlesung Strukturchemie:</i> Historisches, Überblick über grundlegende Methoden zur Strukturermittlung, -beschreibung und -Modelle, Ionenverbindungen (Madelung-Konstanten, Radienquotienten), Kugelpackungen als Strukturmerkmal (Hume-Rothery- und Laves-Phasen, Legierungen), Polyeder als Strukturmerkmal, Symmetrie als Ordnungsprinzip (Gruppe-Untergruppe-Beziehungen, Phasenumwandlungen), Physikalische Eigenschaften von Festkörpern. <i>Lecture Structural Chemistry:</i> History, overview of general methods for structure determination, description and models, ionic compounds (Madelung constants, radii quotients), sphere packing as a structural feature (Hume-Rothery and Laves phases, alloys), polyhedra as a structural feature, symmetry as an ordering principle (group-subgroup relationships, phase transformations), physical properties of solids</p> <p><i>Vorlesung Chemie der f-Elemente:</i> Historisches; Vorkommen und Separation; physikalische und chemische Eigenschaften; Abgrenzung zu d-Übergangsmetallen und s-Block-Elementen; chemische Bindung und Rolle der f-Orbitale; Magnetismus; aktuelle Entwicklungen in der Koordinations- und Organometallchemie; Anwendungen in Technik, Medizin, organischer Synthese und der Aktivierung kleiner Moleküle. <i>Lecture Chemistry of the f-elements:</i> History; occurrence and separation; physical and chemical properties; differentiation from d-transition metals and s-block elements; chemical binding and role of f-orbitals; magnetism; current developments in coordination and organic metal chemistry; applications in technology, medicine, organic synthesis and small molecule activation.</p> <p><i>Seminar Paramagneten:</i> Aufnahme, Auswertung und Aufbereitung von EPR- und Mössbauerspektren sowie von magnetischen Messungen an ausgewählten Paramagneten; Interpretation der elektronischen Strukturen in der Zusammenschau aller erhaltenen Messdaten; Protokollierung der Ergebnisse und Präsentation in Vortragsform Seminar Paramagnets: Recording, evaluation and processing of EPR and Mössbauer spectra as well as magnetic measurements on selected paramagnets; interpretation of the electronic structures in the synopsis of all the measurement data obtained; recording of the results and presentation in lecture form.</p>
3.	<p>Verwendbarkeit des Moduls / application of the module: Masterstudiengang Chemie / Master's programme in Chemistry</p>
4.	<p>Teilnahmevoraussetzungen / prerequisites: Keine / none</p>

5.	Lehr- und Lernformen / course type: Vorlesung / kleines Seminar / lecture / seminar
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten / prerequisite for earning credits/type of assessment or examination: Seminar Paramagneten: Referat / presentation (PL, 25 % of overall module grade) Vorlesungen: Mündliche Prüfung oder Klausur / oral exam or written exam (PL, 75 % of overall module grade) nach BPO §5 (3)
7.	Häufigkeit des Angebots / frequency of courses: Jedes Wintersemester / every winter term
8.	Lehrende / lecturers: Baabe, Bröring (Modulverantwortlicher / module convener), Kleeberg, Walter

CM-D-FPA Forschungspraktikum Molekülchemie A				
Research Laboratory Molecular Chemistry A				
Wahlpflicht compulsory elective module	work load 420 h	Leistungspunkte/ credits 14 CP	Studiensemester/ Semester 1-3	Dauer / duration 1-2 Semester
1.	Lehrveranstaltungen / courses: CM-D-FPA a Forschungspraktikum Molekülchemie A / Research Laboratory Molecular Chemistry A (KGP) CM-D-FPA b Seminar zum Forschungspraktikum Molekülchemie A / Seminar for Research Laboratory Molecular Chemistry A (gS)	Kontaktzeit/ face-to-face 240 h 28 h	Selbststudium/ self-study 120 h 32 h	Leistungspunkte/ credits 12 CP 2 CP
2.	Qualifikationsziele / intended learning outcomes und Inhalte / course content <u>Qualifikationsziele / intended learning outcomes:</u> [DEU] Die Studierenden beherrschen fortgeschrittene anorganisch- und organisch-chemische Arbeitstechniken. Sie sind in der Lage, komplizierte Experimente zu planen, durchzuführen, auszuwerten und wissenschaftlich zu dokumentieren, wobei sie einen detaillierten Einblick in aktuelle Forschungsvorhaben gewonnen und an deren Umsetzung mitgewirkt haben. Sie sind erfahren in der Synthese, Isolierung, Aufreinigung und Charakterisierung von anorganischen, organischen und metallorganischen Verbindungen und beherrschen die für die jeweiligen Forschungsprojekte relevanten analytischen Methoden. Sie sind mit den Techniken universitärer Forschung und wissenschaftlicher Praxis vertraut und haben Sicherheit im Umgang mit wissenschaftlichen Datenbanken. Sie sind in der Lage, wissenschaftliche Literatur in englischer Sprache aufzufinden und zu erfassen. [ENG] The students possess advanced experimental skills in inorganic and organic chemistry. They are able to plan, perform, and analyze experiments and simulations and the scientifically document their research. They have participated in and contributed to a current research project. They have experience in the synthesis, isolation, purification, characterization of inorganic, organic, and metal-organic compounds and are able to apply analytical methods relevant to the specific research projects. They are familiar with the techniques of scientific research as well as good scientific practices and are able to use scientific databases. They are able to find and comprehend scientific articles. <u>Inhalte / course content:</u> <i>Praktikum:</i> Bearbeitung und wissenschaftliche Dokumentation (Protokollführung) von je zwei Teilprojekten im Bereich der organischen und anorganischen Chemie. / <i>Research Lab:</i> Conduction and scientific documentation of (parts of) a current research project from molecular chemistry. <i>Seminar:</i> Teilnahme am wissenschaftlichen Kolloquium, Präsentation und Diskussion aktueller Forschungsergebnisse. / <i>Seminar:</i> Participation in scientific colloquia, presentation and discussion of current research results.			
3.	Verwendbarkeit des Moduls / application of the module: Masterstudiengang Chemie, Master's programme in Chemistry			
4.	Teilnahmevoraussetzungen / prerequisites: Keine, none			
5.	Lehr- und Lernformen / course type: Praktikum (Kleingruppenprojekt) / großes Seminar, experimental work / seminar			
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten / prerequisite for earning credits/type of assessment or examination: Experimentelle Arbeit (PL) / experimental work (marked examination)			
7.	Häufigkeit des Angebots / frequency of courses Jedes Semester, every semester			
8.	Lehrende / lecturers: Bröring, Grunenberg, Kleeberg, Lindel, Schulz, Tamm (Modulverantwortlicher / module convener), Teskey, Walter			

CM-D-FPB Forschungspraktikum Molekülchemie B Research Laboratory Molecular Chemistry B				
Wahlpflicht compulsory elective module	work load 420 h	Leistungspunkte/ credits 14 CP	Studiensemester/ semester 2-3	Dauer / duration 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen / courses: CM-D-FPB a Projektpraktikum Molekülchemie B / Research Laboratory Molecular Chemistry B (KGP) CM-D-FPB b Seminar zum Projektpraktikum Molekülchemie B / Seminar for Research Laboratory Molecular Chemistry B (kS)	Kontaktzeit/ face-to-face 240 h 28 h	Selbststudium/ self-study 120 h 32 h	Leistungspunkte/ credits 12 CP 2 CP
2.	Qualifikationsziele / intended learning outcomes und Inhalte / course content <u>Qualifikationsziele / intended learning outcomes:</u> [DEU] Die Studierenden sind in der Lage, eigenständig eine wissenschaftliche Fragestellung auf dem Gebiet der Molekülchemie zu bearbeiten. Sie beherrschen die für das jeweilige Forschungsvorhaben erforderlichen Arbeitstechniken und vermögen, selbständig anspruchsvolle Experimente zu planen, durchzuführen, auszuwerten und zu dokumentieren. Die Studierenden überblicken die aktuelle Forschung auf einem ausgewählten Forschungsgebiet und beherrschen die entsprechenden theoretischen Grundlagen. Sie können ihre Forschungsergebnisse kompetent präsentieren und sich einer fachlichen Diskussion in deutscher und englischer Sprache stellen. [ENG] The students are able to independently work on a current scientific problem of molecular chemistry. They possess advanced experimental and/or theoretical skills required for their research project and are able to plan, perform, analyze and document advanced experiments. They have an overview of the current research in a selected research area and are familiar with its theoretical foundations. They are able to adequately present their reserach results and to engage in scientific discussions. <u>Inhalte / course content:</u> <i>Praktikum:</i> Bearbeitung und wissenschaftliche Dokumentation (Protokollführung) eines Projekts im Bereich der Molekülchemie. / <i>Research Lab:</i> Conduction and scientific documentation of (parts of) a current reserach project from molecular chemistry. <i>Seminar:</i> Teilnahme am wissenschaftlichen Kolloquium, Vortragspräsentation der eigenen Forschungsergebnisse. / <i>Seminar:</i> Participation in scientific colloquia, presentation and discussion of own research results.			
3.	Verwendbarkeit des Moduls / application of the module: Masterstudiengang Chemie, Master's programme in Chemistry			
4.	Teilnahmevoraussetzungen / prerequisites: Modul CM-D-FPA			
5.	Lehr- und Lernformen / course type: Praktikum (Kleingruppenprojekt) / kleines Seminar, experimental work / seminar			
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten / prerequisite for earning credits/type of assessment or examination: Experimentelle Arbeit und Referat (PL) / experimental work and presentation (marked examination)			
7.	Häufigkeit des Angebots / frequency of courses Jedes Semester, every term			
8.	Lehrende / lecturers: Bröring, Grunenberg, Kleeberg, Lindel, Schulz, Tamm (Modulverantwortlicher / module convener), Walter, Werz			

CM-E-1 Nachhaltige Chemie				
Wahlpflicht	work load 240 h	Leistungspunkte 8 CP	Studiensemester 1-3	Dauer 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen: CM-E-1a Nachhaltige Chemie (V) CM-E-1b Nachhaltige Chemie (Ü) CM-E-1c Industrielle Umweltchemie (V) CM-E-1d Umweltfolgen moderner Nano-technologie (Ü)	Kontaktzeit 28 h 14 h 28 h 14 h	Selbststudium 62 h 16 h 62 h 16 h	Leistungspunkte 3 CP 1 CP 3 CP 1 CP
2.	Qualifikationsziele und Inhalte <u>Qualifikationsziele:</u> Die Studierenden kennen die Prinzipien und Lösungsansätze der nachhaltigen Chemie. Sie beherrschen die Zusammenhänge nachhaltiger chemischer Reaktionen und Prozesse zur Vermeidung toxischer Intermediate und Produkte durch den Einsatz umweltverträglicher Ausgangsstoffe. Sie sind fähig, den ressourcenschonenden Umgang in chemischen Prozessen, die Umweltauswirkungen konventioneller und alternativer Synthese- und Prozesskonzepte sowie die Nutzung nachwachsender Rohstoffe zu bewerten. Sie sind befähigt, den Beitrag der verschiedenen industriellen Sparten einschließlich der Nanotechnologie zur Umweltqualität in der Technosphäre einzuschätzen. <u>Inhalte:</u> <i>Vorlesung Nachhaltige Chemie:</i> Grundprinzipien der nachhaltigen Chemie (Green Chemistry), Vermeidung von Abfällen und Emissionen, grüne Prozessführung, Prozessintensivierung, Nicht-klassische Reaktionssysteme, Katalyse & Biokatalyse, Bioökonomie und Kreislaufwirtschaft, Energie- und Rohstoffwandel, Nutzung nachwachsender Rohstoffe <i>Übung Nachhaltige Chemie:</i> Vertiefende Betrachtung nachhaltiger Synthesen nach den 12 Prinzipien der Grünen Chemie, Durchführung einer Ökobilanzierung von chemischen Synthesen und Prozessen, sowie ein aktueller Überblick im Bereich biobasierter Materialien <i>Vorlesung Industrielle Umweltchemie:</i> Entstehung, Verringerung und Aufreinigung von Emissionen wie SO ₂ , NO _x , Dioxine, PAK, Schwermetalle u.a. bei Verbrennungsprozessen; Emissionen im Bereich Abwasser, kommunale und industrielle Abwasserbehandlung, Behandlung und Entsorgung fester Reststoffe wie Schlacken, Flugaschen und gefährlicher Abfälle, Recyclingprozesse. <i>Übung Umweltfolgen moderner Nanotechnologie:</i> Vertiefende Betrachtung verschiedener Umweltkompartimente hinsichtlich des Eintrages, der Verteilung und der Auswirkung von Nanopartikeln einschließlich spezifischer Analysetechniken			
3.	Verwendbarkeit des Moduls Masterstudiengang Chemie			
4.	Teilnahmevoraussetzungen: keine			
5.	Lehr- und Lernformen: Vorlesung / Übung			
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten: mündliche Prüfung oder Klausur (PL) nach BPO §5 (3)			
7.	Häufigkeit des Angebots Jedes Sommersemester			
8.	Lehrende: Kolb (Modulverantwortliche/module convener), Prüße, Robert, Salthammer, Wichmann			

CM-E-2 Elektrochemie				
Wahlpflicht	work load 240 h	Leistungspunkte 8 CP	Studiensemester 1-3	Dauer 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen / courses: CM-E-2a Grundlagen der Elektrochemie (V) CM-E-2b Methoden und Systeme der Elektrochemie (V) CM-E-2c Praktikum der Elektrochemie (SP-KS)	Kontaktzeit 28 h 28 h 28 h	Selbststudium 62 h 62 h 32 h	Leistungspunkte 3 CP 3 CP 2 CP
2.	Qualifikationsziele und Inhalte <u>Qualifikationsziele intended learning outcomes:</u> Die Studierenden beherrschen die Grundlagen der Elektrochemie. Sie besitzen vertiefte Kenntnisse zu den physikalisch-chemischen Grundlagen der elektrochemischen Energiewandlung, der Natur und Funktion von Elektrolyten sowie von Elektrodenvorgängen. Die Studierenden beherrschen die theoretischen und praktischen Grundlagen elektrochemischer und elektroanalytischer Methoden und wenden diese selbstständig u.a. zur Ermittlung qualitativer und quantitativer physikalisch-chemischer Parameter elektrochemischer Systeme (wie z.B. elektrochemischer Speicher und Wandler) an. Die Studierenden kennen die Grundlagen ausgewählter elektrochemischer Speicher und Wandler und können deren Einsatzmöglichkeiten beurteilen und diskutieren. <u>Inhalte:</u> Die Studierenden erhalten detaillierten Einblick in die Grundlagen der elektrolytischen Leitfähigkeit, Aktivitäten und Aktivitätskoeffizienten, elektrochemischer Gleichgewichte und Elektrodenpotentiale, die Thermodynamik elektrochemischer Reaktionen sowie die Grundlagen der elektrochemischen Kinetik. Sie erhalten weiterhin detaillierte Kenntnisse zu passiven und aktiven elektroanalytische Methoden - von der Potentiometrie über statische elektrochemische Methoden wie die Chronoamperometrie, zu den dynamischen elektrochemischen Methoden wie die Voltammetrie und die elektrochemische Impedanzspektroskopie. Des Weiteren werden die Grundlagen wichtiger elektrochemischer Energiespeicher- (Lithium-Ionen-Batterien, Redox-Flow-Zellen etc.) und Energiekonversionssysteme (Power-to-molecule, Mikrobielle Brennstoffzellen etc.) sowie deren Charakterisierung mittels der zuvor erlernten Methoden vermittelt.			
3.	Verwendbarkeit des Moduls: Masterstudiengang Chemie			
4.	Teilnahmevoraussetzungen: keine			
5.	Lehr- und Lernformen: Vorlesung / Stationenpraktikum			
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten: Experimentelle Arbeit (SL) mündliche Prüfung oder Klausur (PL) nach BPO §5 (3)			
7.	Häufigkeit des Angebots Jedes Wintersemester			
8.	Lehrende: Bröring, Özaslan (Modulverantwortlicher / module convener)			

CM-E-3 Solare und chemische Energiekonversion Solar and chemical energy conversion				
Wahlpflicht / compulsory elective module	work load 240 h	Leistungs- punkte / credit points	Studiensemester / semester	Dauer/ duration
		8 CP	1-3	2 Semester / semesters
1.	Lehrveranstaltungen / courses: <u>auswählen zwischen 3a-d / select between 3a-d</u> CM-E-3a Ausgewählte Aspekte der Energiekonversion / Selected aspects of energy conversion (V) CM-E-3b Molekulares Design / Molecular design (V) Praktikum zu molekularem Design / Lab course on molecular design (SP-kS) CM-E-3c Künstliche Photosynthese und CO ₂ -Aktivierung / Artificial photosynthesis and CO ₂ activation (V) Praktikum zu künstlicher Photosynthese / Lab course on artificial photosynthesis (SP-kS) CM-E-3d Spektroskopische Methoden / Spectroscopic Methods (V) Praktikum zu spektroskopischen Methoden / Lab course on spectroscopic methods (SP-kS)	Kontaktzeit / face-to-face 28 h 14 h 28 h 28 h 14 h 14 h 28 h	Selbststudium / self-study 32 h 16 h 32 h 32 h 32 h 16 h 32 h	Kreditpunkte / credit points 2 CP 1 CP 2 CP 2 CP 1 CP 1 CP 2 CP
2.	Qualifikationsziele und Inhalte / Intended learning outcomes and course content: <u>Qualifikationsziele / intended learning outcomes :</u> [DEU] Die Studierenden werden befähigt, aktuelle Forschungs- und Anwendungsbereiche der solaren und chemischen Energiekonversion zu verstehen und kompetent zu diskutieren. Sie werden weiterhin befähigt, die Wechselwirkungen und Synergien der vertretenen Themen zu erkennen und interdisziplinäre Bezüge zu knüpfen. Die Studierenden sind schließlich in der Lage, im Bereich der solaren und chemischen Energiekonversion wissenschaftliche Publikationen zu lesen und dort beschriebene Experimente bzw. Berechnungen einzuordnen und zu bewerten. [ENG] Students will be enabled to understand and competently discuss current research and application areas of solar and chemical energy conversion. They will further be enabled to recognize the interactions and synergies of the topics represented and to establish interdisciplinary references. Finally, the students are able to read scientific publications in the field of solar and chemical energy conversion and to classify and evaluate experiments and calculations described therein. <u>Inhalte / course content:</u> [DEU] <i>Anmerkung: Es wird empfohlen, die zu den gewählten theoretischen Lehrveranstaltungen gehörenden Praktika zu besuchen. Ein Praktikum kann nur in Verbindung mit der entsprechenden Vorlesung absolviert werden.</i> [ENG] <i>Note: It is recommended to attend the lab courses associated with the selected theoretical courses. A lab course can only be completed in combination with the corresponding lecture.</i> [DEU] <i>Vorlesung Ausgewählte Aspekte der Energiekonversion:</i> Die Vorlesung behandelt grundlegende Gebiete der physikalischen Chemie (wie Thermodynamik, Transportprozesse, Strömungslehre, Elektrochemie) und verbindet diese mit den wichtigsten erneuerbaren Energien (Biomasse, Wind, Thermosolar, Photovoltaik) sowie mit deren Wandlungs-, Transport- und Speicher-Techniken. Die Vorlesung kann unterschiedliche Schwerpunkte aufweisen: Wasserstoffanwendungen, Brennstoffzellen, chemische Energiespeicher, Wasserstoffwirtschaft, natürliche und künstliche Lichtsammelsysteme.			

2.	<p>[ENG] <i>Lecture Selected Aspects of Energy Conversion</i>: The lecture covers fundamental areas of physical chemistry (such as thermodynamics, transport processes, fluid mechanics, electrochemistry) and connects them with the main renewable energies (biomass, wind, thermosolar, photovoltaic) and their conversion, transport and storage techniques. The lecture may have different emphases: Hydrogen applications, fuel cells, chemical energy storage, hydrogen economics, natural and artificial light harvesting systems.</p> <p>[DEU] <i>Vorlesung Molekulares Design</i>: Es werden Methoden der künstlichen Intelligenz bzw. Data Science vorgestellt, insbesondere maschinelles Lernen, sequenzielle Optimierung und inverses Design. Es wird vermittelt, wie sich funktionale Moleküle und Materialien mit Hilfe dieser Methoden vollautomatisch am Computer designen lassen. Im Fokus steht dabei die Suche nach reaktiven Spezies und Katalysatoren für die Aktivierung kleiner Moleküle wie CO₂ und N₂.</p> <p>[ENG] <i>Lecture molecular design</i>: Artificial intelligence and data science methods will be introduced, in particular machine learning, sequential optimization, and inverse design. It will be discussed how these methods can be applied in a fully automated fashion to design functional molecules and materials on a computer. The search for reactive species and catalysts for the activation of small molecules such as CO₂ and N₂ defines the focus of this lecture.</p> <p>[DEU] <i>Vorlesung Künstliche Photosynthese und CO₂ Aktivierung</i>: Vorstellung und Funktionsweise von molekularen Photosensibilisatoren und Katalysatoren, Mechanismen von Elektronen- und Energietransferprozessen, künstliche Photosynthese, Solare Brennstoffe, molekulare Wasserspaltung und CO₂ Aktivierung, Photoelektrochemie, Struktur-Aktivitäts-Beziehungen.</p> <p>[ENG] <i>Lecture Artificial Photosynthesis and CO₂ Activation</i>: Introduction and working principle of molecular photosensitizers and catalysts, mechanisms of electron and energy transfer processes, artificial photosynthesis, solar fuels, molecular water splitting and CO₂ activation, photoelectrochemistry, structure-activity relationships.</p> <p>[DEU] <i>Vorlesung Spektroskopische Methoden</i>: Methoden zur Untersuchung von lichtgetriebenen Prozessen und zur CO₂ Aktivierung, zeitaufgelöste und stationäre Spektroskopie (z.B. X-ray, UV/vis, IR, Raman), Spektroelektrochemie, Spektrenauswertung mit Hilfe von Theorie, Überblick über aktuelle Spektrenauswertemethoden</p> <p>[ENG] <i>Lecture Spectroscopic Methods</i>: Methods for the investigation of light-driven processes and the activation of CO₂, time-resolved and stationary spectroscopy (e.g. X-ray, UV/vis, IR, Raman), spectroelectrochemistry, spectra evaluation using theory, overview of current spectra analysis methods.</p> <p>[DEU] <i>Praktikum</i>: Bearbeitung von einem praktischen Projekt zum jeweiligen Vorlesungs- oder Seminarinhalt.</p> <p>[ENG] <i>Practical course</i>: Work on a practical project related to the respective lecture or seminar content.</p>
3.	<p>Verwendbarkeit des Moduls / application of the module: Masterstudiengang Chemie / Master's programme in Chemistry</p>
4.	<p>Teilnahmevoraussetzungen / prerequisites: Keine / none</p>
5.	<p>Lehr- und Lernformen / course type: Vorlesung / Experimentelle Arbeit lecture / practical course</p>
6.	<p>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prüfungsmodalitäten: prerequisite for earning credits / type of assessment or examination: Studienleistung (SL): Experimentelle Arbeit inkl. Protokollführung und Abschlussgespräch/Vortrag Prüfungsleistung (PL): mündliche Prüfung (30 Minuten) oder Klausur (90 Minuten) <i>Practical work including written report and oral exam (unmarked), Oral exam (marked, 30 minutes) or written exam (marked, 90 minutes)</i></p>
7.	<p>Häufigkeit des Angebots / frequency of the courses: Vorlesungen: unregelmäßig / lectures: irregular Praktikum: jedes Semester / practical course: every semester</p>
8.	<p>Lehrende / lecturers: Bauerecker, Karnahl, Proppe, Tschierlei (Modulverantwortliche / module convener), Walla</p>

CM-E-6 Ökologische Chemie				
Wahlpflicht	work load 240 h	Leistungs- punkte 8 CP	Studiensemester 1-3	Dauer 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen: CM-E-6a Umweltchemie (V) CM-E-6b Anorganische Umweltanalytik (V) CM-E-6c Organische Umweltanalytik (V)	Kontaktzeit 28 h 28 h 28 h	Selbststudium 62 h 47 h 47 h	Leistungspunkte 8 CP
2.	Qualifikationsziele <u>Qualifikationsziele:</u> Die Studierenden verstehen die Prinzipien und Konzepte der Ökologischen Chemie und Ökotoxikologie und sind fähig zur Planung, Anwendung und Bewertung grundlegender Methoden und Arbeitstechniken in der anorganischen und organischen Umweltanalytik sowie Radiotraceranalytik. Sie beherrschen ferner experimentelle Untersuchungsstrategien zur Beurteilung organischer Schadstoffe in den Umweltkompartimenten Luft, Wasser, Sediment und Boden. <u>Inhalte:</u> <i>Vorlesung Umweltchemie:</i> Verhalten und Verbleib von Umweltchemikalien in den Kompartimenten Luft, Wasser Boden; Eintrag und Vorkommen, Ausbreitung, Akkumulation, biotische und abiotische Umwandlung, Abbau, Persistenz, ökotoxikologische und toxikologische Wirkungen sowie Risikobewertung von Umweltchemikalien. <i>Vorlesung Anorganische Umweltanalytik:</i> Vertiefung der Element- und Summenparameter-Analytik, Biotests. Probenahme, Probenlagerung und -vorbereitung, Aufschlusstechniken für die Elementanalytik, elementanalytische Messtechniken (AAS, ICP-OES, ICP-MS, IC, RFA und Voltametrie), Summenparameteranalytik (CSB, BSB, AOX, TOC) und KW-Index, Biotests (Leuchtbakterientest, Wurzellängentest, Pflanzentest mit <i>Lemna Minor</i> , Daphnien-Test, Fischtest), Schnelltests. <i>Vorlesung Organische Umweltanalytik:</i> Vertiefung analytischer Methoden zum Nachweis organischer Umweltchemikalien in Luft, Wasser, Boden, Sedimenten, Abfällen. Probenahme, Probenaufarbeitung (Extraktion, Aufkonzentrierung, Aufreinigung), Detektionstechniken (GC, HPLC, MS), Radiotraceranalytik (LSC, RTLC, R-HPLC, Oxidizer).			
3.	Verwendbarkeit des Moduls: Masterstudiengang Chemie			
4.	Teilnahmevoraussetzungen: keine			
5.	Lehr- und Lernformen: Vorlesung			
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten: mündliche Prüfung oder Klausur (PL) nach BPO §5 (3)			
7.	Häufigkeit des Angebots Unregelmäßig			
8.	Lehrende: Kolb, Wichmann (Modulverantwortlicher / module convener)			

CM-E-8 PEM Brennstoffzellentechnologie I mit Labor <i>pro</i>				
Vertiefungsrichtung	work load 240 h	Leistungspkt. 8 LP	Studiensemester 1-3	Dauer 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen PEM Brennstoffzellentechnologie I (V) PEM Brennstoffzellentechnologie I (Ü) PEM Brennstoffzellentechnologie I Labor <i>pro</i> (SP-kS)	Kontaktzeit 28 h 14 h 42 h	Selbststudium 156 h	Leistungspkt 8 LP
2.	Qualifikationsziele und Inhalte <u>Qualifikationsziele</u> Die Studierenden erwerben tiefergehende Kenntnisse zur Protonenaustauschmembran(PEM) Brennstoffzellentechnologie. Sie sind in der Lage, die Technologie im Detail zu erklären, zu bewerten sowie einen Zusammenhang zwischen Komponenten- / Materialauswahl und Betriebsweise / Anwendungsfall herzustellen. Die Studierenden können ihr erlerntes Wissen auf konkrete Fragestellungen anwenden und Lösungswege aufzeigen. Die Studierenden erwerben im Labor vertiefte experimentellen Fertigkeiten und die Fähigkeit zur Darstellung, Analyse und Diskussion von elektrochemischen Messergebnissen. <u>Inhalte</u> Komponenten und Materialauswahl, Katalysatorsysteme, Katalysator-beschichtete Membranen, Strom-Spannungskennlinien, Stoff- und Ladungstransportvorgänge, Wasser- und Wärmemanagement, Charakterisierung von Komponenten eines Brennstoffzellenstapels und deren spezifischen Funktionen, Bewertung von Polarisationskurven und die Ermittlung von idealen Betriebsstrategien von Brennstoffzellenstapel, mögliche Anwendungsfelder, Degradationsmechanismen in der PEM-Brennstoffzelle, Entwicklung von beschleunigten Alterungstests (AST) zur Untersuchung der Nutzungsdauer. Versuchsplanung, Elektrodenherstellung, Zusammenbau Prüfling, Funktionsweise Brennstoffzellen-teststand, Durchführung von PEM Brennstoffzellenmessungen, Messdatenauswertung und Interpretation.			
3.	Verwendbarkeit des Moduls Masterstudiengang Chemie			
4.	Teilnahmevoraussetzungen Keine			
5.	Lehr- und Lernformen Vorlesung / Übung / Labor (Stationenpraktikum (experimentelle Übung))			
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prüfungsmodalitäten Studienleistung (SL): Experimentelle Arbeit inkl. Protokollführung und Abschlussgespräch Prüfungsleistung (PL): mündliche Prüfung (30 Minuten) oder Klausur (90 Minuten)			
7.	Häufigkeit des Angebots Jedes Sommersemester			
8.	Lehrende Hasché (Modulverantwortlicher)			

CM-E-9 Technologien zur Herstellung von Wasserstoff (H₂) mit Labor <i>pro</i>				
Vertiefungsrichtung	work load 240 h	Leistungspkt. 8 LP	Studiensemester 1-3	Dauer 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen Technologien zur Herstellung von Wasserstoff Vorlesung (V) Technologien zur Herstellung von Wasserstoff Übung (Ü) Wasser-Elektrolyse Labor <i>pro</i> (SP-kS)	Kontaktzeit 28 h 14 h 42 h	Selbststudium 156 h	Leistungspkt 8 LP
2.	Qualifikationsziele und Inhalte <u>Qualifikationsziele</u> Die Studierenden erwerben tiefergehende Kenntnisse zur Herstellung von Wasserstoff und deren Nutzung sowie Transport/Speicherung. Sie sind in der Lage, die verschiedenen Technologien zu erklären sowie zu bewerten. Die Studierenden können ihr erlerntes Wissen auf konkrete Fragestellungen anwenden und Lösungswege skizzieren. Die Studierenden erwerben im Labor vertiefte experimentellen Fertigkeiten und die Fähigkeit zur Analyse und Darstellung von Messergebnissen. <u>Inhalte</u> Eigenschaften von Wasserstoff, Wasserstoff als Energieträger, Bedeutung von Wasserstoff in der chemischen Industrie, Unterschiede und kritische Bewertung der verschiedenen Technologien zur Herstellung von Wasserstoff wie z.B. Dampfrefarming, Pyrolyse, Wasserelektrolyse, Betrachtung des CO ₂ Footprints für die verschiedenen Herstellungstechnologien, Investition- und Produktionskosten, Vergleich mit anderen Energieträgern, industrielle und potentielle Anwendungsfelder, Nutzung von Wasserstoff in der chemischen Industrie und Verkehr, verschiedene Transport sowie Speichertechnologien. Versuchsplanung, Zusammenbau Prüfling, Funktionsweise Elektrolyseteststand und Elektrolyseur, Durchführung von Messungen, Messdatenauswertung und Interpretation.			
3.	Verwendbarkeit des Moduls Masterstudiengang Chemie			
4.	Teilnahmevoraussetzungen Keine			
5.	Lehr- und Lernformen Vorlesung / Übung / Labor (Stationenpraktikum (experimentelle Übung))			
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prüfungsmodalitäten Studienleistung (SL): Experimentelle Arbeit inkl. Protokollführung und Abschlussgespräch Prüfungsleistung (PL): mündliche Prüfung (30 Minuten) oder Klausur (90 Minuten)			
7.	Häufigkeit des Angebots Jedes Sommersemester			
8.	Lehrende Özaslan (Modulverantwortlich), Hasché			

CM-E-10 Photo(redox)katalyse / Photo(redox)catalysis					
Wahlpflicht / compulsory elective module	work load 240 h	Kreditpunkte / credit points 8 CP	Studiensemester / semester 1-3	Dauer / duration 1-2 Semester	
1.	Lehrveranstaltungen / courses: Photo(redox)katalyse (V) / Photo(redox)catalysis (V) Photo(redox)katalyse (gS) / Photo(redox)catalysis (gS) Praktikum Photo(redox)katalyse (SP-kS) / Project lab Photo(redox)catalysis (SP-kS)		Kontaktzeit / face-to-face 84 h	Selbststudium / self-study 156 h	Kreditpunkte / credit points 8 CP
2.	Qualifikationsziele und Inhalte <u>Qualifikationsziele / intended learning outcomes:</u> <p>[DEU] Die Studierenden erlernen umfassende Kenntnisse zu den allgemeinen Grundlagen und Prinzipien der Photo(redox)katalyse. Weiterhin erlangen Sie einen weitreichenden Überblick über die verschiedenen Arten von Photo(redox)katalysatoren und deren Anwendungsgebiete. Sie sind in der Lage die wesentlichen Reaktionsmechanismen zu verstehen und auf neue Katalysatoren oder Substrate anzuwenden. Sie werden befähigt essentielle Katalysatoreigenschaften zu bewerten und Struktur-Eigenschafts-Beziehungen zu erkennen. Im Ergebnis werden die Studierenden befähigt, aktuelle Forschungsergebnisse und Anwendungsbereiche der Photo(redox)katalyse zu verstehen und kompetent zu diskutieren.</p> <p>[ENG] The students will acquire comprehensive knowledge of the general fundamentals and principles of photo(redox)catalysis. Furthermore, they will gain a broad overview of the different types of photo(redox)catalysts and their fields of application. They are able to understand the essential reaction mechanisms and apply them to new catalysts or substrates. They will be skilled to evaluate essential catalyst properties and identify structure-property relationships. As a result, the students will be able to understand and competently discuss current research results and applications in the area of photo(redox)catalysis.</p> <u>Inhalte / course content:</u> <p>[DEU] <i>Vorlesung Photo(redox)katalyse:</i> Grundlagen der Photokatalyse und Photo(redox)katalyse, Vorstellung verschiedener Klassen molekularer Photo(redox)katalysatoren (d.h. Systematisierung, Eigenschaften und Synthese), Einblicke in ausgewählte katalytische Reaktionen (z.B. Isomerisierungsreaktionen, Produktion von Singulett Sauerstoff und Wasserstoff, Dehalogenierung, organische Transformationen), Grundlagen der Charakterisierung molekularer Photo(redox)katalysatoren und deren Reaktionsmechanismen, Grundzüge der qualitativen und quantitativen Produktanalytik, Immobilisierung molekularer System, photoelektrochemische Systeme.</p> <p><i>Seminar Photo(redox)katalyse:</i> Diskussion und Einblick in aktuelle Forschungsergebnisse und Anwendungsbereiche der Photo(redox)katalyse anhand derzeitiger Literatur und von Gastvorträgen.</p> <p><i>Praktikum:</i> Bearbeitung eines spezifischen Projekts bzw. Versuchs zur Photo(redox)katalyse im Forschungslabor, Erlangen einer Übersicht über die verschiedenen Methoden und Forschungsthemen, Präsentation der Ergebnisse in Form eines Vortrags.</p>				

2.	<p>[ENG] <i>Lecture Photo(redox)catalysis</i>: Basics of photocatalysis and photo(redox)catalysis, introduction of different classes of molecular photo(redox)catalysts (i.e. systematization, properties and synthesis), insights into selected catalytic reactions (e.g. isomerization reactions, production of singlet oxygen and hydrogen, dehalogenation, organic transformations), fundamentals of characterization of molecular photo(redox)catalysts and their reaction mechanisms, basic principles of qualitative and quantitative product analysis, immobilization of molecular systems, photoelectrochemical systems.</p> <p><i>Seminar Photo(redox)catalysis</i>: Discussion and insights into current research results and applications in the area of photo(redox)catalysis based on present literature and guest lectures.</p> <p><i>Project lab Photo(redox)catalysis</i>: This lab course includes work on a specific project or experiment dealing with photo(redox)catalysis in a research laboratory, obtain an overview of the various methods and research topics, presentation of the results in the form of an oral talk.</p>
3.	<p>Verwendbarkeit des Moduls / application of the module: Masterstudiengang Chemie / Master's programme in Chemistry</p>
4.	<p>Teilnahmevoraussetzungen / prerequisites: keine / none</p>
5.	<p>Lehr- und Lernformen / course type: Vorlesung / Seminar / Experimentelle Arbeit / lecture / seminar / project lab</p>
6.	<p>Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten / Prüfungsmodalitäten: prerequisite for earning credits / type of assessment or examination: [DEU] Studienleistung (SL): Experimentelle Arbeit inkl. Protokollführung und Abschlussvortrag Prüfungsleistung (PL): mündliche Prüfung (30 min) oder Klausur (90 min) [ENG] SL: Experimental work incl. a protocol and final oral presentation PL: oral exam (30 min) or written exam (90 min)</p>
7.	<p>Häufigkeit des Angebots / frequency of the course: Vorlesung und Seminar: Wintersemester / lecture and seminar: winter semester Praktikum: Sommer- oder Wintersemester / project lab: summer or winter semester</p>
8.	<p>Lehrende / lecturers: Karnahl (Modulverantwortlicher / module convener), Tschierlei</p>

CM-E-FPA Forschungspraktikum Chemische Energiekonversion A				
Research Laboratory Chemical Energy Conversion A				
Wahlpflicht compulsory elective module	work load 420 h	Leistungspunkte/ credits 14 CP	Studiensemester/ semester 1-3	Dauer/ duration 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen / courses: CM-E-FPAa Forschungspraktikum Chemische Energiekonversion A / Research Laboratory Chemical Energy Conversion A (KGP) CM-E-FPAb Seminar zum Forschungspraktikum Chemische Energiekonversion A / Seminar for Research Laboratory Chemical Energy Conversion A (gS)	Kontaktzeit/ face-to-face 240 h 28 h	Selbststudium/ self-study 120 h 32 h	Leistungspunkte/ credits 12 CP 2 CP
2.	Qualifikationsziele / intended learning outcomes und Inhalte / course content			
	<u>Qualifikationsziele / intended learning outcomes:</u> [DEU] Die Studierenden beherrschen fortgeschrittene Arbeitstechniken, die für die Chemie der Energiekonversion relevant sind (zum Beispiel aus der Elektrochemie oder der technischen Chemie). Sie sind in der Lage, Experimente zu planen, durchzuführen, auszuwerten und wissenschaftlich zu dokumentieren, wobei sie einen grundlegenden Einblick in aktuelle Forschungsvorhaben gewonnen und an deren Umsetzung mitgewirkt haben. Sie sind mit den Techniken universitärer Forschung und wissenschaftlicher Praxis vertraut und haben einen Überblick über die aktuellen Forschungsvorhaben im Bereich der Materialchemie. Sie sind in der Lage, wissenschaftliche Literatur in englischer Sprache aufzufinden und zu erfassen. [ENG] The students possess advanced experimental skills in chemical energy conversion. They are able to plan, perform, and analyze experiments and simulations and the scientifically document their research. They have participated in and contributed to a current research project. They are familiar with the techniques of scientific research as well as good scientific practices and are able to use scientific databases. They are able to find and comprehend scientific articles.			
	<u>Inhalte / course content:</u> <i>Praktikum:</i> Bearbeitung und wissenschaftliche Dokumentation (Protokollführung) von Teilaspekten eines aktuellen Forschungsvorhabens im Bereich der Chemie der Energiekonversion. / <i>Research Lab:</i> Conduction and scientific documentation of (parts of) a current research project from chemical energy conversion. <i>Seminar:</i> Teilnahme am wissenschaftlichen Kolloquium, Präsentation und Diskussion aktueller Forschungsergebnisse. / <i>Seminar:</i> Participation in scientific colloquia, presentation and discussion of current research results.			
3.	Verwendbarkeit des Moduls / application of the module: Masterstudiengang Chemie, Master's programme in Chemistry			
4.	Teilnahmevoraussetzungen / prerequisites: Keine, none			
5.	Lehr- und Lernformen / course type: Praktikum (Kleingruppenprojekt) / großes Seminar, experimental work / seminar			
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten / prerequisite for earning credits/type of assessment or examination: Experimentelle Arbeit (PL) / experimental work (marked examination)			
7.	Häufigkeit des Angebots / frequency of courses Jedes Semester, every semester			
8.	Lehrende / lecturers: Bauerecker, Hasché, Karnahl, Kolb, Özaskan, Tschierlei (Modulverantwortlicher / module convener), Walla, Wichmann			

CM-E-FPB Forschungspraktikum Chemische Energiekonversion B Research Laboratory Chemical Energy Conversion B				
Wahlpflicht / compulsory elective module	work load 420 h	Leistungspunkte/ credits 14 CP	Studiensemester/ semester 2-3	Dauer/ duration 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen / courses: CM-E-FPBa Projektpraktikum Chemische Energiekonversion B / Research Laboratory Chemical Energy Conversion B (KGP) CM-E-FPBb Seminar zum Projektpraktikum Chemische Energiekonversion B / Seminar for Research Laboratory Chemical Energy Conversion B (kS)	Kontaktzeit/ face-to-face 240 h 14 h	Selbststudium/ self-study 120 h 46 h	Leistungs- punkte/ credits 12 CP 2 CP
2.	Qualifikationsziele / intended learning outcomes und Inhalte / course content <u>Qualifikationsziele / intended learning outcomes:</u> [DEU] Die Studierenden sind in der Lage, eigenständig eine wissenschaftliche Fragestellung auf dem Gebiet der chemischen Energiekonversion zu bearbeiten. Sie beherrschen die für das jeweilige Forschungsvorhaben erforderlichen Arbeitstechniken und vermögen, selbständig anspruchsvolle Experimente zu planen, durchzuführen, auszuwerten und zu dokumentieren. Die Studierenden überblicken die aktuelle Forschung auf einem ausgewählten Forschungsgebiet und beherrschen die entsprechenden theoretischen Grundlagen. Sie können ihre Forschungsergebnisse kompetent präsentieren und sich einer fachlichen Diskussion in deutscher und englischer Sprache stellen. [ENG] The students are able to independently work on a current scientific problem of chemical energy conversion. They possess advanced experimental and/or theoretical skills required for their research project and are able to plan, perform, analyze and document advanced experiments. They have an overview of the current research in a selected research area and are familiar with its theoretical foundations. They are able to adequately present their research results and to engage in scientific discussions. <u>Inhalte / course content:</u> <i>Praktikum:</i> Bearbeitung und wissenschaftliche Dokumentation (Protokollführung) eines Projekts im Bereich der chemischen Energiekonversion. / <i>Research Lab:</i> Conduction and scientific documentation of (parts of) a current research project from chemical energy conversion. <i>Seminar:</i> Teilnahme am wissenschaftlichen Kolloquium, Vortragspräsentation der eigenen Forschungsergebnisse. / <i>Seminar:</i> Participation in scientific colloquia, presentation and discussion of current research results.			
3.	Verwendbarkeit des Moduls / application of the module: Masterstudiengang Chemie, Master's programme in Chemistry			
4.	Teilnahmevoraussetzungen / prerequisites: Modul CM-E-FPA			
5.	Lehr- und Lernformen / course type: Praktikum (Kleingruppenprojekt) / kleines Seminar, experimental work / seminar			
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten / prerequisite for earning credits/type of assessment or examination: Experimentelle Arbeit und Referat (PL) / experimental work and presentation (marked examination)			
7.	Häufigkeit des Angebots / frequency of courses Jedes Semester			
8.	Lehrende / lecturers: Bauerecker, Hasché, Karnhl, Kolb, Özaslan, Tschierlei (Modulverantwortlicher / module convener), Walla, Wichmann			

CM-Prof Professionalisierungsmodul				
Wahlpflicht / compulsory elective module	work load 360 h	Leistungs- punkte 12 CP	Studiensemester 1-4	Dauer 1-4 Semester
1.	Lehrveranstaltungen: CM-Prof-Ex Technisch-Chem. Exkursion (Ex) weitere Lehrveranstaltungen / courses	Kontaktzeit 14 h variabel	Selbststudium 16 h variabel	Leistungspunkte 1 CP 11 CP
2.	<p>Qualifikationsziele und Inhalte</p> <p><u>Qualifikationsziele:</u> Die Exkursion zu einem chemischen Industriebetrieb gewährt Einblicke in das Berufsfeld Chemische Industrie. Die Qualifikationsziele / intended learning outcomes der überfachlichen Veranstaltungen des Professionalisierungsbereiches gliedert sich in drei Teilbereiche:</p> <p>Übergeordneter Bezug: Einbettung des Studienfachs Die Studierenden werden befähigt, Ihr Studienfach in gesellschaftliche, historische, rechtliche oder berufsorientierende Bezüge einzuordnen (je nach Schwerpunkt der Veranstaltung). Sie sind in der Lage, übergeordnete fachliche Verbindungen und deren Bedeutung zu erkennen, zu analysieren und zu bewerten. Die Studenten erwerben einen Einblick in Vernetzungsmöglichkeiten des Studienfaches und Anwendungsbezüge ihres Studienfaches im Berufsleben.</p> <p>Wissenschaftskulturen Die Studierenden lernen Theorien und Methoden anderer, fachfremder Wissenschaftskulturen kennen, lernen sich interdisziplinär mit Studierenden aus fachfremden Studiengebieten auseinanderzusetzen und zu arbeiten, können aktuelle Kontroversen aus einzelnen Fachwissenschaften diskutieren und bewerten, erkennen die Bedeutung kultureller Rahmenbedingungen auf verschiedene Wissenschaftsverständnisse und Anwendungen, kennen genderbezogenen Sichtweisen auf verschiedene Fachgebiete und die Auswirkung von Geschlechterdifferenzen, können sich intensiv mit Anwendungsbeispielen aus fremden Fachwissenschaften auseinandersetzen.</p> <p>Handlungsorientierte Angebote Die Studierenden werden befähigt, theoretische Kenntnisse handlungsorientiert umzusetzen. Sie erwerben verfahrensorientiertes Wissen (Wissen über Verfahren und Handlungsweisen, Anwendungskriterien bestimmter Verfahrens- und Handlungsweisen) sowie metakognitives Wissen (u.a. Wissen über eigene Stärken und Schwächen). Je nach Veranstaltungsschwerpunkt erwerben die Studierenden unter anderem die Fähigkeit</p> <ul style="list-style-type: none"> – Wissen zu vermitteln bzw. Vermittlungstechniken anzuwenden, – Gespräche und Verhandlungen effektiv zu führen, sich selbst zu reflektieren und adäquat zu bewerten, – kooperativ im Team zu arbeiten, Konflikte zu bewältigen, – Teams zu führen, – Informations- und Kommunikationsmedien zu bedienen oder – sich in einer anderen Sprache auszudrücken. <p>Durch die handlungsorientierten Angebote sind die Studierenden in der Lage, in anderen Bereichen erworbenes Wissen effektiver einzusetzen, die Zusammenarbeit mit anderen Personen einfacher und konstruktiver zu gestalten und somit Neuerwerb und Neuentwicklung von Wissen zu erleichtern. Sie erwerben Schlüsselqualifikationen, die ihnen den Eintritt in das Berufsleben erleichtern und in allen beruflichen Situationen zum Erfolg beitragen.</p> <p><u>Inhalte:</u> Die Exkursion beinhaltet die Besichtigung von Chemiebetrieben, mit der Chemie verwandten Betrieben oder außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Die überfachlichen Veranstaltungen ergeben sich aus den Wahlveranstaltungen des Gesamtprogramms.</p>			
3.	<p>Verwendbarkeit des Moduls: Masterstudiengang Chemie</p>			

4.	Teilnahmevoraussetzungen: keine
5.	Lehr- und Lernformen: Exkursion, Variiert nach gewählten Veranstaltungen
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten: Teilnahme an der Technisch-chemischen Exkursion (SL), Variiert nach gewählten Veranstaltungen
7.	Häufigkeit des Angebots Jedes Semester
8.	Lehrende: Variiert nach gewählten Veranstaltungen, Studiendekan (Modulverantwortlicher / module convener)

CM-MA Masterarbeit				
Wahlpflicht	work load 900 h	Leistungs- punkte 30 CP	Studiensemester 4	Dauer 1 Semester
1.	Lehrveranstaltungen / courses: CM-MA Masterarbeit	Kontaktzeit	Selbststudium	Leistungspunkte 30 CP
2.	Qualifikationsziele und Inhalte <u>Qualifikationsziele:</u> Die Studierenden sind in der Lage, innerhalb einer vorgegebenen Frist eine wissenschaftliche Fragestellung aus einen Teilbereich der Chemie selbständig zu bearbeiten sowie die erhaltenen Forschungsergebnisse in geeigneter schriftlicher Form darzustellen. Sie sind mit den jeweiligen fachlichen Gepflogenheiten vertraut und besitzen einen Einblick in die aktuelle Forschung. <u>Inhalte:</u> Das Thema der Masterarbeit muss eine chemische Fragestellung im weiteren Sinne beinhalte / course contentn und soll so gewählt werden, dass es inhaltlich zur gewählten Vertiefungsrichtung passt..			
3.	Verwendbarkeit des Moduls: Masterstudiengang Chemie			
4.	Teilnahmevoraussetzungen: Laut §10 (5) BPO			
5.	Lehr- und Lernformen: Forschungsprojekt			
6.	Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten/Prüfungsmodalitäten: Experimentelle Arbeit (PL)			
7.	Häufigkeit des Angebots jedes Semester			
8.	Lehrende: Alle hauptverantwortlich Lehrende des Studienganges, Studiendekan (Modulverantwortliche)			