



Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät

**Modulhandbuch
des Bachelor-Studiengangs
Chemie**

**Fassung vom 19. Januar 2026
auf Grundlage der Studienordnung vom 28. 02. 2019**

Inhaltesverzeichnis

<u>Inhalt / Modul</u>	<u>Seite</u>
Studienplan.....	2
AAI Allgemeine Grundlagen der Chemie.....	4
ACI Anorganische Chemie I.....	6
ACII Anorganische Chemie II.....	8
ACIII Anorganische Chemie III.....	10
ACIV Anorganische Chemie IV.....	12
AnI Analytische Chemie I.....	13
AnII Analytische Chemie II.....	17
BCWP Biologische Chemie.....	19
BM Berufsvorbereitendes Modul.....	20
IC Industrielle Chemie.....	23
M Mathematik.....	25
MatChemI Grundlagen der Materialchemie.....	27
MCI Makromolekulare Chemie.....	29
OCI Organische Chemie I.....	31
OCII Organische Chemie II.....	33
OCIII Organische Chemie III.....	35
OCIV Organische Chemie IV.....	37
OCWP Organische Chemie WP.....	39
P Physik.....	41
PCI Physikalische Chemie I.....	43
PCII Physikalische Chemie II.....	45
PCIII Physikalische Chemie III.....	47
PCIV Physikalische Chemie IV.....	49
PCWP Physikalische Chemie WP.....	51
Sp Spektroskopie.....	53
WP Wahlpflichtbereich.....	55
Z Bachelorarbeit.....	56

Studienplan für den Bachelor-Studiengang Chemie:

Sem.	Modul	ME	Name des Modulelements	V	P	Ü	S	CP	SCP
1	AAI	AC01	Allgemeine Chemie	2		1		4	
1	AAI	PC01	Grundlagen der Physikalische Chemie	2		2		4	
1	ACI	AC02	Grundlagen der Hauptgruppenchemie	2		1		4	
1	ACI	ACG	Grundpraktikum Allgemeine Chemie		6			4	
1	Anl	An01	Grundlagen der Analytischen Chemie	2		1		4	
1	M	M01	Mathematik 1	3		1		5	
1	P	P01	Physik 1	2		1		4	29
2	ACI	AnG	Grundpraktikum Analytische Chemie		6			4	
			Intoduction to Data Analysis and Analytical Methods						
2	Anl	An02		2				3	
2	Anl	An03	Elementanalytik	1			1	2	
2	M	M02	Mathematik 2	3		1		5	
2	OCI	OC01	Einführung in die Organische Chemie	4		1		7	
2	P	P02	Physik 2	2		1		4	
2	P	PG	Praktikum in Experimentalphysik		4			3	
2	PCI	PC02	Physikalische Chemie 2	2		2		5	33
3	ACII	AC03	Reaktionen und Reaktionsmechanismen in Lösung	2		1		4	
3	AnII	AnF	Fortgeschrittenenpraktikum Analytik	7				5	
			Reaktionsmechanismen der Organischen Chemie						
3	OCII	OC02		2		1		4	
3	PCII	PC03	Physikalische Chemie 3	2		2		5	
3	PCII	PCG	Grundpraktikum Physikalische Chemie		10			7	
3	PCIII	PC04	Quantenchemie	2		2		5	30
4	ACII	AC04	Chemie der Nebengruppenelemente	2		1		4	
			Synthesemethoden und Umwandlung funktioneller Gruppen						
4	OCIII	OC04		2		1		4	
4	OCIII	OCG	Grundpraktikum Organische Chemie		12			8	
4	PCIV	PCF	Fortgeschrittenenpraktikum PC		8			6	
4	SPI	OC03	Strukturaufklärung und Spektroskopie	3		1		5	
4	SPI	PC05	Spektroskopie	2		2		5	32
5	ACIII	AC05	Festkörperchemie und Strukturchemie	2		1		4	
			Molekülchemie und Metallorganische Chemie						
5	ACIII	AC06		1			1	3	
5	ACIV	ACF	Fortgeschrittenenpraktikum AC		8			6	
			Wahlbereich, z.B. Englisch für NatWi, alternativ im 6. Semester						
5	BMI	WB						3	
			Organisches Praktikum für Fortgeschrittene						
5	OCIII	OCF			10			7	
5	W	W1	Wahlpflichtmodul					9	32

Sem.	Modul	ME	Name des Modulelements	V	P	Ü	S	CP	SCP
6	S	Ges	Gesetzeskunde	1				1,5	
6	S	Tx	Toxikologie	1				1,5	
6	W	W2	Wahlpflichtmodul					9	
6	Z	Z	Bachelorarbeit					12	24
			zusammen					180	180

Wahlpflichtbereich; 6 Elemente auszuwählen (18 CP einzubringen)

Sem.	Modul	ME	Name des Modulelements	V	P	Ü	S	CP	SCP
5	WP	BCWP	Biologische Chemie	2				3	
5	WP	MaC02	Praktikum Kolloide und Grenzflächen		3			3	
5	WP	MC01	Synthese von Polymeren	2				3	
5	WP	OC15	Stereochemie	2				3	
6	WP	IC01	Industrielle Aspekte der Chemie	2				3	
6	WP	IC02	Industrielle Organische Chemie	2				3	
6	WP	MaC01	Einführung in die Materialchemie	2				3	
6	WP	MC02	Analyse von Polymeren	1			1	3	
6	WP	PCWP	Licht	1			1	3	

V: Vorlesung, P: Praktikum, Ü: Übung, S: Seminar, CP: Creditpoints, SCP: Summe Creditpoints pro Semester.

Allgemeine Grundlagen der Chemie					AAI
Studiensem. 1	Regelstudiensem. 1	Turnus jährlich	Dauer 1 Semester	SWS 7,5	ECTS-Punkte 12
Modulverantwortliche/r	Kay				
Dozent/inn/en	Kay, Kickelbick, Scheschkewitz				
Zuordnung zum Curriculum [Pflicht, Wahlpflicht, Wahlbereich]	Pflicht				
Zulassungsvoraussetzungen	keine				
Prüfungen	Abschlussklausuren zu AC01, AC02 Teilklausuren bzw. Abschlussklausur zu PC01				
Lehrveranstaltungen / Methoden	AC01 Allgemeine Chemie, 2V, 1 Ü, WS erste Semesterhälfte AC02 Grundlagen der Hauptgruppenchemie, 2V, 1Ü, WS zweite Semesterhälfte PC01 Grundlagen der Physikalische Chemie, 2V, 1 Ü, WS				
Arbeitsaufwand	<p>Vorlesung + Übung AC01: 7 Wochen, 5 SWS: 35 h Vor- und Nachbereitung, Klausur 85 h (zus. 4 CP)</p> <p>Vorlesung + Übung AC02: 7 Wochen, 5 SWS: 35 h Vor- und Nachbereitung, Klausur 85 h (zus. 4 CP)</p> <p>Vorlesung + Übung PC01: 7 Wochen, 5 SWS: 35 h Vor- und Nachbereitung, Klausur 85 h (zus. 4 CP)</p> <p>Summe: 360 h (12 CP)</p>				
Modulnote	Der Mittelwert der Noten der Prüfungen zu AC01, AC02 und PC01				

Lernziele / Kompetenzen

Entwicklung des Verständnisses für die Grundlagen der Chemie, Grundlagen zu:

- Atommodellen
- chemischen Bindungen und Molekülstrukturen
- Physikalische und chemische Eigenschaften der Hauptgruppenelemente kennen lernen
- Prinzipien ableiten und bewerten
- Zusammenhänge über das Periodensystem erkennen
- chemisches Gleichgewicht
- Redox- und Elektrochemie
- Anwendung der Mathematik in der Chemie
- Radioaktivität
- Spektroskopische Grundlagen
- Erlernen verschiedener EDV-Anwendungen zum wissenschaftlichen Arbeiten
- Statistische Evaluation experimenteller Daten

Inhalt

AC01 Vorlesung und Übung Allgemeine Chemie (4 CP):

- Materie, Stoff, Verbindung, Element
- Aufbau der Atome
- Aufbau des Periodensystems
- Die chemische Bindung
- Aggregatzustände
- Chemische Reaktionen
- Chemisches Gleichgewicht
- Elektrochemie

AC02 Vorlesung und Übung Chemie der Hauptgruppenelemente (4 CP):

- Chemie der Hauptgruppenelemente (s,p-Elemente)
 - a) Einteilung nach Gruppen und Eigenschaften
 - b) Die Elemente und deren Herstellung
 - c) Die wichtigsten Verbindungen
 - d) Ausgewählte Anwendungen
- Chemie der Nebengruppenelemente (d,f-Elemente)
Übersicht und Grundlagen

PC01 Vorlesung und Übung PC01 (4 CP):

- Grundlagen des wissenschaftlichen Arbeitens
 - o Mathematische Grundbildung in der Chemie
 - o MatLab als wissenschaftliches Werkzeug
- Statistik: Qualitative und Quantitative Evaluation experimenteller Daten
- Radioaktivität
- Grundlagen der Spektroskopie
- Schwarzer Körper

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch, Englisch

Literaturhinweise:

- AC01/02: Erwin Riedel, Christoph Janiak, *Anorganische Chemie*, deGruyter
- PC01: *Weitere Informationen und Anmeldung über die Moodle-Seite der Universität des Saarlandes*

Stand: 19.11.2021

Anorganische Chemie I					ACI
Studiensem. 1-2	Regelstudiensem. 1-2	Turnus jährlich	Dauer 2 Semester	SWS 12	ECTS-Punkte 12
Modulverantwortlicher	Scheschkewitz				
Dozenten	Dozenten der Anorganischen Chemie				
Zuordnung zum Curriculum [Pflicht, Wahlpflicht, Wahlbereich]	Pflicht				
Zulassungsvoraussetzungen	ACG: Eingangstest zum Praktikum AnG: Grundlagen der Analytischen Chemie				
Prüfungen	unbenotet: Stoffprüfungen und Protokolle				
Lehrveranstaltungen / SWS	Praktikum ACG Einführungspraktikum Allgemeine Chemie, 6 SWS Praktikum AnG Einführungspraktikum Analytische Chemie, 6 SWS				
Arbeitsaufwand	Praktikum ACG : 18 Tage a 5 h 90 h Vor- und Nachbereitung 30 h (zus. 4 CP) Praktikum AnG : 18 Tage a 5 h 90 h Vor- und Nachbereitung 30 h (zus. 4 CP) Summe: 240 h (8 CP)				
Modulnote	unbenotet				

Lernziele / Kompetenzen

Die Studierenden sollen:

- Physikalische und chemische Eigenschaften der Hauptgruppenelemente kennen lernen
- Prinzipien ableiten und bewerten
- Zusammenhänge über das Periodensystem erkennen
- In die chemische Experimentiertechnik eingeführt werden
- Wichtige Stoffe und Reaktionen im Praktikum kennen lernen
- Quantitative Beziehungen zur Beschreibung chemischer Vorgänge kennen lernen
- Quantitative Analysen vollständig durchführen und auswerten können
- Richtlinien der schriftlichen Versuchs-Protokollierung und guten Laborpraxix beherrschen lernen

Inhalt

Praktika (8 CP):

- einfache Synthesen und Stoffumwandlungen (qualitativ und quantitativ)
- Ionenreaktionen (Nachweis)
- Massenwirkungsgesetz
- Elektrische Spannungsreihe
- Bestimmung von Lösungswärmen
- Kenntnis wichtiger Elemente und deren Verbindungen
- Bestimmung des Molvolumens
- Löslichkeitsuntersuchungen
- Säure-Base-Titration und komplexometrische Titration (z.B. Bestimmung der Wasserhärte)
- Potentiometrische Titration (z.B. Fällungstitration von Halogeniden)
- Gravimetrische Bestimmung von Nickel
- Redoxtitrationen (z.B. Iodometrische Bestimmung von Kupfer)
- Potentiometrie (z.B. Kalibrierung eines pH-Meters, Bestimmung eines pH-Wertes)
- Chromatographische Trennverfahren (z.B. Papier- oder Dünnschichtchromatographie)
- Wasseranalytik: Probenahme, pH-Wert, Leitfähigkeit, Glührückstand, Wasserhärte, chemischer Sauerstoffbedarf, Gesamtsalzgehalt, Sauerstoffgehalt, CSB, Ionenchromatographie

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise:

Erwin Riedel, Christoph Janiak, *Anorganische Chemie*, deGruyter
Jander, Blasius, *Lehrbuch der analytischen und präparativen anorganischen Chemie*, Hirzel-Verlag
ACGAnG-Praktikumsanleitungen, UdS.

Anmeldung:

Anmeldung zum Praktikum ACG erforderlich,
Kapazität: 80 Teilnehmer pro Kurs, 1 Kurs im Wintersemester
Anmeldung zum Praktikum AnG erforderlich,
Kapazität: 80 Teilnehmer pro Kurs, 1 Kurs im Sommersemester

Stand: 13.06.2022

Anorganische Chemie II					ACII
Studiensem. 3, 4	Regelstudiensem. 3, 4	Turnus jährlich	Dauer 2 Semester	SWS 6	ECTS-Punkte 8
Modulverantwortliche/r		Munz			
Dozent/inn/en		Munz			
Zuordnung zum Curriculum [Pflicht, Wahlpflicht, Wahlbereich]		Pflicht			
Zulassungsvoraussetzungen		Modul AAI			
Prüfungen		benotet: Abschlussklausuren zu AC03 und AC04			
Lehrveranstaltungen / SWS		Vorlesung + Übung AC03 Reaktionen und Reaktionsmechanismen in Lösung, 2 + 1 SWS, WS Vorlesung + Übung AC04 Chemie der Nebengruppenelemente, 2 + 1 SWS, SS			
Arbeitsaufwand		Vorlesung + Übung: 15 Wochen (3 SWS) AC03: 45 h 15 Wochen (3 SWS) AC04: 45 h Vor- Nachbereitung, Klausuren 150 h Summe: (8 CP) 240 h			
Modulnote		Mittelwert der beiden Klausurnoten			

Lernziele / Kompetenzen

Die Studierenden sollen:

- vertiefte Kenntnisse über wichtige Reaktionstypen in der anorganischen Chemie erwerben,
- die kinetischen und thermodynamischen Parameter von Lösungsreaktionen kennen,
- wichtige Reaktionsmechanismen kennen und verstehen,
- komplexe Gleichgewichtssysteme diskutieren und berechnen können,
- die strukturellen Eigenheiten von Metallkomplexen kennen und diskutieren können,
- die Konzepte der Gruppentheorie und Darstellungstheorie zur Beschreibung der Elektronenstruktur von Übergangsmetallkomplexen verwenden können
- sich einen Überblick über die vielseitige Phänomenologie der Metallkomplexe aneignen.

Inhalt

Vorlesung/Übungen AC03 (4 CP):

- **Koordinationschemische Grundlagen:** Klassifikation von Metallzentren und Liganden, Koordinationszahl, Koordinationsgeometrie, Solvatation, Ionenbeweglichkeit in Lösung;
- **Thermodynamische Grundlagen:** Solvationsenergie, Gitterenergie, Born-Haber-Kreisprozesse (ΔH , ΔS , ΔG);
- **Wichtige Lösemittel** und deren physikalische und chemische Eigenschaften;
- **Grundlegende Reaktionstypen in Lösung:** Protonenübertragungen (pH, Hammettsche Aciditätsfunktion, Supersäuren und Basen), Komplexbildung, Löslichkeitsgleichgewichte, Elektronenübertragungen, Kombination verschiedener Reaktionstypen und gegenseitige Beeinflussung der Gleichgewichtslagen. Erweiterte Säure-Basen Konzepte: Lewis Säuren und Basen, HSAB-Konzept von Pearson.
- **Experimentelle Methoden zur Bestimmung von Gleichgewichtskonstanten:** Konzentrationen und Aktivitäten; Potentiometrische und spektralphotometrische Methoden.
- **Merkmale und Eigenschaften von Aquaionen:** Strukturelle Parameter, Stabilität, Redoxpotentiale, Acidität, Hydrolytische Vernetzung.
- **Struktur-Stabilitäts-Korrelationen:** entropisch und enthalpisch stabilisierte Komplexe, Chelateffekt, makrozyklischer Effekt, Lineare Freie Energiebeziehungen.
- **Reaktionsmechanismen:** Ligandaustausch (A, D, I), Elektronenübertragungen (innen- und aussensphären Elektronentransfer, Marcus-Theorie).
-

Vorlesung/Seminar/Übungen AC04 (4 CP):

- **Molekulare Symmetrie:** Symmetrieelementen und Symmetrieelemente, Chiralität, Gruppentheorie, Punktgruppen, Schoenflies-Notation, reduzible und irreduzible Matrix-Darstellungen;
- **Kristallfeld und Ligandenfeld-Theorie:** die d-Orbitale in einem Ligandenfeld vorgegebener Symmetrie, Spektrochemische Reihe, Elektronenstruktur: High-spin und low-spin-Komplexe, Jahn-Teller-Verzerrung, Stereochemie von Metallkomplexen und deren Abhängigkeit von der Elektronenkonfiguration, Ligandenfeldstabilisierungsenergie und deren Auswirkung auf energetische Parameter, Stabilität, Labilität, elektronische Anregung, d-d-Übergänge, spektroskopische Eigenschaften von Übergangsmetallkomplexen;
- **Magnetische Eigenschaften:** Übergangsmetallkomplexe im magnetischen Feld, Temperaturabhängigkeit, das Magnetische Moment, Spin-Magnetismus und Bahnmagnetismus, ferro- und antiferromagnetische Kopplungen.

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise:

J. Burgess, *Ions in Solution, Basic Principles of Chemical Interactions*, Horwood Publishing;

L. H. Gade, *Koordinationschemie*, Wiley-VCH;

J. E. Huheey, E. A. Keiter, R. L. Keiter, *Anorganische Chemie*, Walter de Gruyter

Anorganische Chemie III					ACIII
Studiensem. 5	Regelstudiensem. 5	Turnus jährlich	Dauer 1 Semester	SWS 5	ECTS-Punkte 7
Modulverantwortliche/r					Kickelbick
Dozent/inn/en					Dozenten der Anorganischen Chemie
Zuordnung zum Curriculum [Pflicht, Wahlpflicht, Wahlbereich]					Pflicht
Zulassungsvoraussetzungen					Modul AAI
Prüfungen					benotet: Klausur oder mündliche Prüfung
Lehrveranstaltungen / Methoden					AC05 Festkörperchemie und Strukturchemie, 3V, WS AC06 Vorlesung + Seminar: Molekülchemie und Metallorganische Chemie 1V + 1S, WS
Arbeitsaufwand					Vorlesung/Übung inkl. Klausur: AC05 15 Wochen, 3 SWS: 45 h Vor- Nachbereitung, Klausur 75 h (zus. 4 CP) AC06 15 Wochen, 2 SWS: 30 h Vor- Nachbereitung, Klausur 60 h (zus. 3 CP) Summe: 210 h (7 CP)
Modulnote					Note der Abschlussklausur bzw. der mündl. Abschlussprüfung
Lernziele / Kompetenzen					
Die Studierenden sollen:					
<ul style="list-style-type: none"> - ein Verständnis für die Prinzipien des Aufbaus kristalliner Substanzen gewinnen - einen Überblick über die gängigsten Strukturtypen gewinnen - Kenntnisse über Struktur-Eigenschaftsbeziehungen erarbeiten - Syntheseprinzipien der Festkörperchemie erlernen - den Umgang mit den zu diesen Synthesen zu verwendenden Gerätschaften und Materialien üben - die Methoden der Charakterisierung von Festkörpern kennen lernen - ein vertieftes Verständnis für Konzepte der Hauptgruppenchemie in Synthese, struktureller und spektroskopischer Charakterisierung sowie Tendenzen in den Eigenschaften von Verbindungen der Hauptgruppenelemente gewinnen - ein vertieftes Verständnis für die grundlegenden Strukturprinzipien der Elementmodifikationen und der wichtigsten Verbindungsklassen (Halogenide, Sauerstoff- und Stickstoffverbindungen, Hydride, Organische Derivate) erlangen 					

Inhalt

Vorlesung AC05 (4 CP):

- Grundbegriffe der Kristallographie, Darstellung und Erläuterung einfacher Kristallstrukturen (vom Typ A, AB, AB₂, AB₃, A₂B₃, ABX₃, AB₂X₄, A₂BX₄ und verwandter Systeme)
- Regeln und Gesetze zum Verständnis des strukturellen Aufbaus kristalliner Materie
- Struktur-Eigenschaftsbeziehungen
- Methoden der Präparation in Festkörper-, Schmelz- und Transportreaktionen
- Methoden der Charakterisierung von Festkörpern mit thermoanalytischen, spektroskopischen und röntgenographischen Methoden

Vorlesung/Seminar AC06 (3 CP):

- Molekülchemie der Nichtmetalle
 - o Abgrenzung zu Metallen
 - o Stabilität von Oxidationsstufen; Mehrfachbindungen; Hypervalenz
 - o Koordinationszahl und Gestalt von Molekülen (u.A. VSEPR-Modell)
 - o Elementmodifikationen (B, C, Si, N, P, As, O, S, Se, Te, Po, Halogene)
 - o Wasserstoffverbindungen von P, S
 - o Halogenide (von B, C, Si, N, P, O, S, der Halogene und Edelgasen)
 - o Oxide und Sauerstoffsäuren (von B, Si, N, P, S)
- Molekülchemie der Metalle
 - o Einordnung im PSE (Metallcharakter, Elektronegativität, Schrägbeziehung, Elektronenmangelverbindungen)
 - o s-Block Metalle: Halogenide (ionisch, kovalent); Sauerstoffverbindungen: Suboxide, Alkoxide; Stickstoffverbindungen; Hydride
- organische Verbindungen der Hauptgruppenmetalle
 - o Metall-Kohlenstoff-Bindung (Stabilität, Inherheit, Nomenklatur)
 - o s-Block Metalle (Li-Organyle, Erdalkali-Alkyle, Grignard-Verbindungen; Cyclopentadienylverbindungen)
- organische Chemie von Übergangsmetallen
 - o Beteiligung von Metall-d-Orbitalen an Bindungen
 - o Liganden als Elektronendonoren und -akzeptoren (σ/π)
 - o Carbonyle, Alken-/Alkin-Komplexe, cyclische Perimeter (Cyclopentadienyl-, Benzol-Komplexe, Sandwich-Komplexe)
 - o Cluster-Chemie und Isolobal-Analogie
- organische Chemie von Halbmetallen
 - o Borane (Cluster-Strukturen, Elektronenzählregeln)
 - o Wasserstoffverbindungen und Derivate von Si, Ge
 - o Elektronenmangelverbindungen (Mehrzentrenbindung, Clusterbildung)

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise: U. Müller *Strukturchemie* Teubner Verlag, R. West *Solid State Chemistry*, Wiley

Anorganische Chemie IV					ACIV
Studiensem. 5	Regelstudiensem. 5	Turnus jährlich	Dauer 1 Semester	SWS 8	ECTS-Punkte 6

Modulverantwortliche/r	Scheschkewitz		
Dozent/inn/en	Dozenten der Anorganischen Chemie		
Zuordnung zum Curriculum [Pflicht, Wahlpflicht, Wahlbereich]	Pflicht		
Zulassungsvoraussetzungen	ACI, OCG, PCG		
Prüfungen	unbenotet: Vorgespräche, Versuche, Protokolle und Seminar zum Praktikum		
Lehrveranstaltungen / Methoden	ACF Fortgeschrittenen Praktikum Anorganische Chemie, 6P, 2S		
Arbeitsaufwand	ACF-Praktikum inkl. Seminar 7 Wochen Nachbereitung Summe:	120 h 60 h 180 h	(4 CP) (2 CP) (6 CP)
Modulnote	unbenotet		
Lernziele / Kompetenzen	<p>Die Studierenden sollen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - exakte Methoden zur Bestimmung von Gleichgewichtskonstanten kennen lernen - den Umgang mit empfindlichen Substanzen in der anorganisch-chemischen Synthese erlernen - Extraktion von relevanten Daten und Zitaten aus der anorganisch-chemischen Literatur - Kennenlernen von verschiedenen synthese- und Charakterisierungsmethoden in der Anorganischen Chemie - Verfassen von wissenschaftlichen Protokollen der Ergebnisse 		

Inhalt
<u>Praktikum (inkl. Seminar) (6 CP):</u>
<ul style="list-style-type: none"> - Durchführung von Synthesen im Bereich der anorganischen Molekül-, Festkörper- und Materialchemie - Charakterisierung von Präparaten mit thermoanalytischen, spektrometrischen und spektroskopischen Methoden - Übungen zur Anwendung von Programmen zur Charakterisierung von anorganischen Verbindungen und Darstellung von Ergebnissen - Aufklärung komplexer Gleichgewichtssysteme in wässriger Lösung und Bestimmung der Stabilität von Metallkomplexen in wässriger Lösung - Literaturrecherche zur anorganisch-chemischen Synthesechemie - Erlernen spezieller Präparations- (z. B. Arbeiten unter Inertgas) und Charakterisierungsverfahren (z. B. heteronukleare NMR-Spektroskopie und Röntgenbeugungsmethoden an anorganischen Verbindungen) - Verfassen von Protokollen zu den praktischen Arbeiten nach den Standards der guten wissenschaftlichen Praxis

Weitere Informationen
Unterrichtssprache: Deutsch, Englisch
Anmeldung: Anmeldung zum Praktikum ACF entsprechend Aushang
Kapazität: 30 pro Kurs

Analytische Chemie I					AnI
Studiensem. 1-3	Regelstudiensem. 1-3	Turnus jährlich	Dauer 2 Semester	SWS 6	ECTS-Punkte 9
Modulverantwortliche/r					Kautenburger
Dozent/inn/en					Kautenburger, Staudt
Zuordnung zum Curriculum [Pflicht, Wahlpflicht, Wahlbereich]					Pflicht
Zulassungsvoraussetzungen					keine
Prüfungen					benotet: Klausuren zu An01, An02 und An03
Lehrveranstaltungen / Methoden					An01 Grundlagen der Analytischen Chemie, 2V,1Ü, WS An02 Elementanalytik 1V+1S, SS An03 Introduction to Data Analysis and Analytical Methods, 2V, WS
Arbeitsaufwand					An01 Vorlesung + Übung 15 Wochen (3 SWS): Vor- Nachbereitung, Klausur 45 h (zus. 75 h 4 CP) An02 Vorlesung 15 Wochen (2 SWS) Vor- Nachbereitung, Klausur 30 h 30 h (zus. 2 CP) Summe: An03 Vorlesung 15 Wochen (2 SWS): Vor- Nachbereitung, Klausur 30 h 60 h (zus. 3 CP) 270 h (9 CP)
Modulnote					nach CP gewichteter Mittelwert der drei Klausuren

Lernziele / Kompetenzen

Die Studierenden sollen:

- ein Verständnis für qualitative und quantitative analytische Fragestellungen entwickeln,
- zwischen den unterschiedlichen Teilbereichen der Analytik unterscheiden können,
- Kenntnisse über die Stufen und Durchführung eines analytischen Prozesses erwerben,
- Kenntnisse über analytische Kenngrößen und deren statistische Bewertung erwerben,
- Geräte und Instrumente für die Durchführung von chemischen Analysen kennen lernen,
- die Grundprinzipien nasschemischer und einfacher instrumenteller Analysenmethoden beherrschen,
- die Prinzipien von chemischen und physikalischen Trenn- und Anreicherungsmethoden verstehen,
- die theoretischen Grundlagen chromatographischer Trennprozesse beherrschen,
- Instrumentierung für chromatographische Analysen verstehen,
- Beispiele für chromatographische Trennsysteme und Anwendungen nennen können,
- theoretische Grundlagen und Anwendungen elektrophoretischer Trennsysteme kennen lernen
- die theoretischen Grundlagen und Anwendungsbereiche optischer, atomspektroskopischer, massenspektrometrischer und elektrochemischer Messprinzipien kennen lernen,
- den Aufbau und die Funktionsweise von Instrumenten zur optischen Spektroskopie, Atomspektrometrie, Massenspektrometrie und elektrochemischen Analyse beherrschen,
- theoretische Grundlagen und Anwendungen elektroanalytischer Analyseverfahren kennen lernen.

Inhalt

Vorlesung An 01 (3 CP):

- Grundbegriffe der chemischen Analytik, Aufgabenstellungen einer chemischen Analyse,
- analytischer Prozess: Probenahme, Probenvorbereitung, Messung, Auswertung,
- Messung von Masse und Volumen, Konzentrationsmaße
- Haupt-, Neben-, Spurenbestandteile,
- Kenngrößen analytischer Methoden: Mengen- und Konzentrationsangaben, Messwert, Analysenwert, Analysenfunktion, Standardabweichung, Vertrauensbereich, Kalibrierung
- Anwendung chemischer Reaktion für quantitative Analysen,
- Gravimetrie, Fällungsreaktionen, Anwendungen,
- Volumetrie, Titrationskurven, Indikationsmethoden,
- Säure-Base-Gleichgewichte und Acidimetrie,
- Komplexbildungsgleichgewichte und Komplexometrie
- Fällungsreaktionen, Gravimetrie, Fällungstitrationen,
- Redoxreaktionen und Redoxtitrationen,
- Lambert-Beersches Gesetz und Photometrie,
- Nernstsche Gleichung und Potentiometrie,
- Faradaysches Gesetz und Coulometrie,
- Ionenaustauschgleichgewichte und Ionenaustausch,
- Grundlagen der Chromatographie.

Übungen An01Ü (1 CP):

- Übungsbeispiele zu Massenwirkungsgesetz, pH-Wert-Berechnung, Titrationskurven, Löslichkeitsprodukt,
- Angabe und Berechnungen von Konzentrationen, Umrechnung von Konzentrationsangaben, Herstellung von Lösungen,
- Übungsbeispiele zu Lambert-Beerschem Gesetz, Nernstscher Gleichung, Faradayschem Gesetz,
- Übungsbeispiele zu Langmuir-Adsorptionsisotherme, Henryschem Gesetz, Nernstschem Gesetz,
- Erstellen von Analysenfunktionen, Berechnung von Analysen- und Messwerten,
- Berechnung von Mittelwert, Standardabweichung und Vertrauensbereich einer Messserie.

Vorlesung An02 (2 CP)

- Grundlagen der Spektroskopie,
- Atomspektroskopie: Grundlegende Prinzipien und Anwendung der AAS und AES,
- Varianten der Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma: ICP-OES und ICP-MS,
- Röntgenspektroskopie: RFA,
- Grundlagen der Elektroanalytik,
- Potentiometrie: Ionensensitive Elektroden und Sensoren,
- Voltammetrie: Gleichstrompolarographie und Wechselstrompolarographie,
- Cyclovoltammetrie, Ampérometrie, Voltammetrie, coulometrische KF-Titration.

Vorlesung An03 (3 CP):

- Massenspektrometrie, Massenspektrum und analytische Informationen, Ionisierungsmethoden und Massenanalysatoren, Anwendungen der MS, insbesondere in der modernen Bioanalytik,
- Theorien des chromatographischen Trennprozesses, chromatographische Parameter
- Qualitative und quantitative Analyse,
- Gaschromatographie, Trennsysteme, Instrumentierung, Detektoren, Säulentypen, Anwendungen,
- Flüssigchromatographie, Trennsysteme, Instrumentierung, Detektoren, Anwendungen,
- Theorie des elektrophoretischen Trennprozesses, Migration, Mobilität, Migration in Gelen
- Zonenelektrophorese, Isotachophorese, isoelektrische Fokussierung
- Kapillarelektrophorese, Gelelektrophorese, Anwendungen

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch, Englisch

Literaturhinweise: M. Otto, Analytische Chemie, Wiley-VCH, 2011; G. Schwedt, Analytische Chemie, Wiley-VCH, 2008; Lottspeich, Engels, Bioanalytik, Springer Spektrum-Verlag, 2012; M. Gey, Instrumentelle Analytik und Bioanalytik, Springer-Verlag, 2008; Skoog, Holler, Grouch, Principles of Instrumental Analysis, Brooks/Cole, 2007; Kläntschi, Lienemann, Richner, Vommont, Elementanalytik, Spektrum-Verlag, 1996.

Stand: 19.01.2026

Analytische Chemie II					AnII
Studiensem. 3	Regelstudiensem. 3	Turnus jährlich	Dauer 1 Semester	SWS 7	ECTS-Punkte 5
Modulverantwortliche/r	Kautenburger				
Dozent/inn/en	Kautenburger, Staudt				
Zuordnung zum Curriculum [Pflicht, Wahlpflicht, Wahlbereich]	Pflicht				
Zulassungsvoraussetzungen	Modul Anl				
Prüfungen	Testate: Vorgespräche und erfolgreiche Durchführung aller Praktikumsversuche; unbenotete Praktikumsprotokolle				
Lehrveranstaltungen / SWS	AnF Fortgeschrittenenpraktikum Analytik, 7P				
Arbeitsaufwand	AnF: 6 Wochen à 20 h Vor- Nachbereitung Summe: 120 h (4 CP) 30 h (1 CP) 150 h (5 CP)				
Modulnote	unbenotet				

Lernziele / Kompetenzen

Die Studierenden sollen:

- die theoretischen Grundlagen und Anwendungsbereiche optischer, atomspektroskopischer, massenspektrometrischer und elektrochemischer Messprinzipien kennen lernen,
- den Aufbau und die Funktionsweise von Instrumenten zur optischen Spektroskopie, Atomspektrometrie, Massenspektrometrie und elektrochemischen Analyse beherrschen,
- die theoretischen Grundlagen chromatographischer Trennprozesse beherrschen,
- Instrumentierung für chromatographische Analysen verstehen,
- Beispiele für chromatographische Trennsysteme und Anwendungen nennen können,
- theoretische Grundlagen und Anwendungen elektrophoretischer Trennsysteme kennen lernen
- instrumentelle Analysen vollständig durchführen, protokollieren und ausführen können.

Inhalt

Praktika(6 CP):

- HPLC, HPLC-MS, Kenngrößen, qualitative und quantitative Analyse
- GC, Kenngrößen, Kovacs Indices, Massenspektrometrie, qualitative und quantitative Analyse,
- Kapillarelektrophorese, Kenngrößen, qualitative und quantitative Analyse,
- Elementanalytik: Versuch Elektroanalytik (z.B. Polarographie, coulometrische KF-Titration)
- Elementanalytik: Versuch Spektroskopie (z. B. AAS, RFA, ICP-OES, ICP-MS)

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise: M. Otto, Analytische Chemie, Wiley-VCH, 2011; G. Schwedt, Analytische Chemie, Wiley-VCH, 2008; Lottspeich, Engels, Bioanalytik, Springer Spektrum Verlag, 2012; M. Gey, Instrumentelle Analytik und Bioanalytik, Springer-Verlag, 2008; Skoog, Holler, Grouch, Principles of Instrumental Analysis, Brooks/Cole, 2007; Kläntschi, Lienemann, Richner, Vommont, Elementanalytik, Spektrum-Verlag, 1996.

Anmeldung: Anmeldung zu den Praktika AnA und AnE zu Semesterbeginn erforderlich

Maximale Teilnehmerzahl(en): 60

Möglichst niedrigere Gruppengröße aufgrund des Arbeitens mit empfindlichen wissenschaftlichen Messgeräten (Chromatographen, Massenspektrometer, Kapillarelektrophorese, Atomabsorptionsspektrometer, Polarographie, ICP-MS/OES)

Stand: 19.01.2026

Biologische Chemie WP					BCWP
Studiensem. 5	Regelstudiensem. 5	Turnus jährlich	Dauer 1 Semester	SWS 2	ECTS-Punkte 3
Modulverantwortlicher					Prüfungsausschussvorsitzender
Dozenten					Völzing
Zuordnung zum Curriculum					Wahlpflicht
Zulassungsvoraussetzungen					OC01
Prüfungen					Klausur
Lehrveranstaltungen / SWS					BCWP: Biologische Chemie (2 V, 3 CP)
Arbeitsaufwand					Vorlesungen inkl. Klausur: 15 Wochen (2 SWS): 30 h Vor- Nachbereitung, Prüfung 60 h Summe: 90 h (3 CP)
Modulnote					Klausurnote

Lernziele / Kompetenzen

Die Studierenden sollen grundlegende Kenntnisse der Biochemie erwerben. Insbesondere soll in die wichtigen biochemischen Stoffklassen Proteine, Saccharide, Nukleinsäuren und Lipide eingeführt werden. Im Zentrum stehen dabei zentrale katabolische Stoffwechselwege, die Funktionsweise von Enzymen, die Proteinbiogenese, die Photosynthese sowie der Aufbau und die Funktion von Biomembranen.

Inhalt

Vorlesung BCWP (3 CP)

- die Zelle: Tierische Zellen; Pflanzenzellen; Prokaryotische Zellen
- Aminosäuren: Biosynthese; Funktion
- Peptide und Proteine: Peptidbindung; Synthese; Proteinstruktur; Funktion von Proteinen
- Enzyme: Aufbau; Funktionsweise; Kinetik; Enzymhemmung
- Saccharide: Mono-, Oligo-, Polysaccharide; Glykolyse; Citratzyklus; Atmungskette
- Photosynthese: Lichtabsorption; Elektronenübertragung; Calvin-Zyklus
- Nukleinsäuren: Nukleotide; DNA; RNA; Proteinbiosynthese; Mutationen
- Lipide: Einteilung; Funktion; Biomembranen; β -Oxidation

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch

Berufsvorbereitendes Modul					BMI
Studiensem. 6	Regelstudiensem. 6	Turnus jährlich	Dauer 1 Semester	SWS 4	ECTS-Punkte 6
Modulverantwortliche/r	Prüfungsausschussvorsitzender				
Dozent/inn/en	Dozenten der FR Chemie und des Sprachenzentrums				
Zuordnung zum Curriculum [Pflicht, Wahlpflicht, Wahlbereich]	Pflicht				
Zulassungsvoraussetzungen	Ges und Tx: Module AAI, OCI Englisch-Kurs: erfolgr. Einstufungstest min. Unicert II-Niveau				
Prüfungen	Alternativ: E, Ges, Tx: jeweils Klausuren (unbenotet); Naturwiss. Vorlesungen: Prüfungen (unbenotet) Auf Antrag: Schlüsselkompetenzen, Gremientätigkeit				
Lehrveranstaltungen / Methoden	Ges Gefahrstoff- und Gesetzeskunde, 1V, SS; Gleichzeitig beim Umweltministerium akkreditierter Kurs zum Erwerb der behördlichen Sachkunde nach § 5 der Chemikalienverbotsverordnung. Dazu müssen chemische Grundkenntnisse vorhanden sein, daher die o.a. Eingangsvoraussetzungen. Tx Toxikologie, 1V, SS Wahlbereich: wahlweise a) Englischkurs (min. Unicert II), 2V b) Vorlesung aus dem naturwiss. Bereich, 2V Auf Antrag beim Prüfungsausschuss: c) relevante Gremientätigkeit d) geeignete Schlüsselkompetenzen				
Arbeitsaufwand	Ges: Seminar inkl. Klausur: 15 Wochen (1 SWS): 15 h Vor- Nachbereitung, Klausur 30 h (1,5 CP) Tx: 15 Wochen (1 SWS): 15h Vor- Nachbereitung, Klausur 30h (1,5 CP) Wahlbereich: Englischkurs 90 h (3 CP) oder Vorlesung aus dem naturwiss. Bereich 90 h (3 CP) Summe: 180 h (6 CP)				
Modulnote	unbenotet				

Lernziele / Kompetenzen

Ges: (Pflicht; 1,5 CP)

Inhalte der Vorlesung sind:

- die gesetzlichen Grundlagen im Umgang mit Gefahrstoffen sowie die rechtlichen Konsequenzen bei Verstößen gegen das Chemikalienrecht
- der sichere Umgang mit Gefahrstoffen, die Einstufung, Kennzeichnung und Lagerung
- gefahrstoffrechtliche Kenngrößen
-

Es besteht die Möglichkeit mit bestandener Klausur die behördliche „Sachkunde nach §5 der Chemikalienverbotsverordnung“ zu erlangen.

Tx: (Pflicht; 1,5 CP)

Erlangen von grundlegenden Kenntnissen über das Wesen der Toxikologie. Schwerpunkte: Toxische Mechanismen; ausgewählte chemische Stoffe mit toxikologischem Potential; Umgang mit toxischen Stoffen im Beruf

Wahlbereich: (3 CP)

Durch wahlweisen Besuch eines Englischkurses (min. Unicert II) oder einer Vorlesung aus dem naturwissenschaftlichen Bereich sollen zusätzliche, für das Berufsfeld relevante Qualifikationen erworben werden.

Auf Antrag beim Prüfungsausschuss können hier auch berufsrelevante Schlüsselqualifikationen sowie Gremientätigkeiten mit nachweisbarem Aufwand anerkannt werden.

Inhalt

Ges Vorlesung (1,5 CP):

- Chemikaliengesetz, Gefahrstoffverordnung, Chemikalienverbotsverordnung
 - Europäische Richtlinien (Alt- und Neustoffe)
 - Rechtsnormen (Wasserhaushaltsgesetz, FCKW-Halonverordnung, KrW- und Abfallgesetz, Gefahrgut)
 - Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)
 - Toxikologische Aspekte (Grenzwerte, Kenngrößen, Einwirkungsart, Gefahrenabwehr)
 - Chemikalienstrafrecht (Straftaten und Ordnungswidrigkeiten)
 - Biozide, Pflanzenschutzmittel (gesetzl. Grundlagen, Typen, Anwendung, Wirkung, sicherer Umgang, Gefahrenabwehr, Einstufung und Kennzeichnung)
- Insektizide, Bakterizide, Akarizide, Verpackung, Anwendung

Tx Vorlesung (1,5 CP):

- Grundbegriffe der Toxikologie
- Quellen toxischer Stoffe und Expositionenformen
- Wirkmechanismen
- Aufnahme, Verteilung, Stoffwechsel, Ausscheidung toxischer Stoffe
- Erfassung toxischer Wirkungen
- Epidemiologie, Vergiftungsbehandlung
- Toxikologie von Industrie- u. Umweltchemikalien
- Genusgifte
- Natürliche Gifte

Wahlbereich (3 CP):

- richtet sich nach der gewählten Veranstaltung

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch oder Englisch

Ges: Literaturhinweise:

H.F. Bender, Sicherer Umgang mit Gefahrstoffen, Wiley-VCH 2005, 3. Auflage, ISBN: 3527312544
H. Hörath, Gefährliche Stoffe und Zubereitungen, Wissenschaftliche Verlagsges. 2002, ISBN: 3804718507

Tx:

Literaturhinweise: Dekant: Toxikologie, eine Einführung für Chemiker, Biologen und Pharmazeuten, Elsevier

Eisenbrand: Toxikologie für Naturwissenschaftler und Mediziner, Wiley-VCH

Wahlbereich:

Bitte Informationen zur gewählten Veranstaltung beachten;
z.B. Englisch-Kurs (min. Unicert II)

Industrielle Chemie					IC
Studiensem. 6	Regelstudiensem. 6	Turnus jährlich	Dauer 1 Semester	SWS 4V	ECTS-Punkte 6

Modulverantwortliche/r	Schäfer
Dozent/inn/en	Schäfer, Düfert
Zuordnung zum Curriculum [Pflicht, Wahlpflicht, Wahlbereich]	Wahlpflicht
Zulassungsvoraussetzungen zum Modul	Module AAI, OCI
Prüfungen	Klausuren zu den Vorlesungen
Lehrveranstaltungen / Methoden	IC01 Industrielle Aspekte der Chemie, 2V, SS IC02 Industrielle Organische Chemie, 2V, SS
Arbeitsaufwand	Vorlesung IC01 inkl. Klausur: 15 Wochen (2 SWS): 30 h Vor- Nachbereitung, Klausur 60 h (zus.3 CP) Vorlesung IC02 inkl. Klausur: 15 Wochen (2 SWS): 30 h Vor- Nachbereitung, Klausur 60 h (zus.3 CP) Summe: 90 h (6 CP)
Modulnote	Mittelwert der beiden Klausurnoten

Lernziele / Kompetenzen

Die Studierenden sollen:

- Grundwissen für die technische Herstellung von wichtigen Erzeugnissen der chemischen Industrie erhalten.
- Verständnis für die Bedeutung chemischer Rohstoffe und deren limitierter Verfügbarkeit entwickeln.
- Verständnis für die Bedeutung fossiler Rohstoffen für die Energieversorgung und die chemische Industrie entwickeln.
- Zwischen umweltfreundlichen und umweltbelastenden Verfahren unterscheiden können.
- Kenntnisse über Erzeugung der Ausgangsstoffe für wichtige Materialien im täglichen Leben (Kunststoffe, Baustoffe, Dünger, elektronische Materialien, Metalle etc.) erwerben.
- Unterschiede bei Herstellungsverfahren im Labor- und industriellen Maßstab
- Übertragung von Erfahrungen auf Synthesen im akademischen Bereich

Inhalt

Vorlesung Industrielle Aspekte der Chemie (3 CP):

- verschiedene Darstellungsverfahren in der technischen Chemie
- Petrochemie
- Kohlechemie
- Polymerchemie
- Düngemittel
- Metalle
- Silizium, Gläser und Silikone
- Säuren - Herstellung und Verwendung
- Energie und Rohstoffe
- ökonomische und ökologische Betrachtungen
- Stoffflüsse und Stoffkreisläufe

Vorlesung Industrielle Organische Chemie (3 CP):

- Grundlagen und allgemeine Charakteristika industrieller organischer Syntheseprozesse (Rohstoffe, Reaktionen, Verfahren)
- Skalierung von Reaktionen auf große Maßstäbe (Einflussgrößen, Routenwahl, Prozesssicherheit, Verunreinigungen, Kinetik)
- Aufreinigung von Rohprodukten (Destillation, Kristallisation, Chromatographie)
- Grundlagen heterogene Katalyse
- Best-practices, „Do's/Dont's“ und Beispiele für die Herstellung aus Pflanzenschutz und Feinchemikalien

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise:

Industrielle Anorganische Chemie - Wiley-VCH,

Industrielle Organische Chemie: Bedeutende Vor- und Zwischenprodukte, Wiley-VCH

Stand: 04.03.2020

Mathematik					M
Studiensem. 1,2	Regelstudiensem. 1,2	Turnus jährlich	Dauer 2 Semester	SWS 8	ECTS-Punkte 10
Modulverantwortliche/r		N.N.			
Dozent/inn/en		Dozenten der Mathematik			
Zuordnung zum Curriculum [Pflicht, Wahlpflicht, Wahlbereich]		Pflicht			
Zulassungsvoraussetzungen		Testate: Tests in den Übungen			
Prüfungen		benotet: Klausuren nach den Vorlesungen			
Lehrveranstaltungen / SWS		M01 Mathematik für Studierende der Naturwissenschaften I inkl. Übungen 3V +1 Ü, WS M02 Mathematik für Studierende der Naturwissenschaften II inkl. Übungen 3V +1 Ü, SS			
Arbeitsaufwand		Vorlesung + Übungen: jeweils 15 Wochen im WS und SS, 4 SWS: 120 h Vor- Nachbereitung, Bearbeitung der Übungsaufgaben, Klausur 180 h Summe: 300 h (10 CP)			
Modulnote		Mittelwert der beiden Klausuren			

Lernziele / Kompetenzen

Im Rahmen des für die Chemie und ihre physikalischen Hilfswissenschaften Erforderlichen sollen die Studenten verfügen über

- Kenntnis und Verständnis der grundlegenden Begriffsbildungen und Resultate der Analysis einer und mehrerer Veränderlicher, ihrer inhaltlich-logischen Beziehungen und ihrer Rolle in den Naturwissenschaften.
- die Fähigkeit, die wichtigsten zugehörigen rechnerischen Methoden anwenden und in ihrer Bedeutsamkeit und Zuverlässigkeit beurteilen zu können
- Kenntnis und Verständnis der grundlegenden Begriffsbildungen und Resultate der Vektorrechnung und Linearen Algebra, ihrer inhaltlich-logischen Beziehungen und geometrischen Bedeutung;
- ein vertieftes, auf Begriffe der Linearen Algebra gestütztes Verständnis der Analysis mehrerer Veränderlicher und ihrer Rolle in den Naturwissenschaften;
- Vertrautheit mit dem einfachsten Typen von Differentialgleichungen
- die Fähigkeit, die wichtigsten zugehörigen rechnerischen Methoden anwenden und in ihrer Bedeutsamkeit und Zuverlässigkeit beurteilen zu können;
- die Grundvoraussetzungen, um sich im späteren Studium und Beruf die benötigten mathematischen Kenntnisse selbst erarbeiten zu können.

Inhalt

M01 Vorlesung (5 CP):

Allgemein: Mengen und Abbildungen, Reelle und komplexe Zahlen, Rechnen mit Summen- und Produktzeichen, Gleichungen und Ungleichungen

Lineare Algebra: Vektoren, Skalarprodukt, Vektorprodukt, Lineare Gleichungssysteme, lineare Abbildungen, Symmetrie und Koordinatenwechsel, Beschreibung durch Matrizen, Spatprodukt und Determinante, Eigenwerte und –vektoren, Hauptachsentransformation.

Analysis: Abbildungen und Funktionen von einer und von mehreren Variablen, Umkehrabbildung, Konvergenz von Folgen und Reihen, Potenzreihen, Stetigkeit, Grenzwert und Differenzierbarkeit von Funktionen, Differentiationsregeln, Anwendung auf elementare Funktionen (rationale Funktionen, Exponentialfunktion und Logarithmus, trigonometrische Funktionen mit Umkehrfunktionen, komplexe Exponentialfunktion, Hyperbelfunktionen), Mittelwertsatz und Taylorentwicklung, Extrema, Asymptotik und Regeln von de l'Hospital. Integration (siehe auch M02)

M02 Vorlesung (5 CP):

Integration: Hauptsatz und Summation, Integration elementarer Funktionen, Regeln, uneigentliche Integrale.

Fourier-Reihen. Differentiation von Funktionen mehrerer Variablen, Jacobi-Matrix, Gradient, Richtungsableitung, Vektorfelder und Potentiale, Divergenz und Rotation, Kurvenintegrale, Differentialgleichungen, vor allem lineare Dgl. einschließlich Systemen, Exponentialansatz.

Integration von Funktionen mehrerer Variablen, Transformationsformel bei Koordinatentransformation, insbesondere Polarkoordinaten, Flächenintegrale und Satz von Gauß. Optional (soweit Zeit bleibt): Stochastik: Kombinatorik, Binomial-, Normal- und Poisson-Verteilung und elementare Anwendungen.

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise:

Zachmann: Mathematik für Chemiker, Wiley

L.Papula: Mathematik für Chemiker, F. Enke, Stuttgart,

N. Rösch: Mathematik für Chemiker. Springer-Verlag 1993.

E.-A. Reinsch: Mathematik für Chemiker

Anmeldung: Anmeldung zu den Übungen und zur Abschlussklausur erforderlich

Grundlagen der Materialchemie					MatChem I
Studiensem. 6	Regelstudiensem. 6	Turnus jährlich	Dauer 1 Semester	SWS 6	ECTS-Punkte 6
Modulverantwortliche/r	Kickelbick				
Dozent/inn/en	Kickelbick, Kraus				
Zuordnung zum Curriculum [Pflicht, Wahlpflicht, Wahlbereich]	Wahlpflicht				
Zulassungsvoraussetzungen	Modul AAI Praktikum PKG: ACG, AnG, AnF, OCG				
Prüfungen	Abschlussklausur zur Vorlesung (benotet), Praktikum: Testat, Protokolle (unbenotet)				
Lehrveranstaltungen / Methoden	MaC01 Einführung in die Materialchemie, 2V PKG Praktikum Kolloide und Grenzflächen, 3 P				
Arbeitsaufwand	MaC01 Vorlesung: 7,5 Wochen, 4 SWS Vor- und Nachbereitung, Prüfung PKG 3 Wochen Blockpraktikum Vor-/Nachbereitung Summe:				
Modulnote	Note der Klausur. Praktikum unbenotet.				

Lernziele/Kompetenzen

Die Studierenden erwerben Kenntnisse in Kernbereichen der Materialchemie und Materialwissenschaften:

MaC01:

- Überblick über chemische Bindungen und ihr Einfluss auf Materialeigenschaften
 - Verständnis von fundamentalen chemischen Ansätzen zur Synthese von Materialien
 - Vergleich verschiedener Methoden zur Charakterisierung von Materialien
 - Überblick zur molekularen Materialchemie
 - Verständnis der Chemie von Funktionswerkstoffen

PKG:

- Verständnis disperser Systeme mit Partikeln verschiedener Größenbereiche
 - Synthese von Nanopartikel-Suspensionen auf unterschiedlichen Wegen
 - Verständnis des kolloidalen Verhaltens von Partikeln
 - Relevanz von Grenzflächen in dispersen Systemen
 - Charakterisierung von Suspensionen durch optische Spektroskopie und Streuung
 - Kennenlernen technischer Anwendungsbereiche disperser Partikel
 - Präparation von Materialien und Schichten aus Partikeln
 - Kennenlernen der elektronenmikroskopischen Untersuchung von Partikeln

Inhalt

MaC01 Einführung in die Materialchemie (3 CP):

- Ionische, kovalente und metallische Bindungsbeschreibung und die Auswirkung auf Materialeigenschaften
- Prinzipien der Synthese von Materialien an ausgewählten Materialklassen (z.B. anorganische nichtmetallische Feststoffe)
- Unterschiede in der Synthese von Materialien in Abhängigkeit der Aggregatzustände
- Materialcharakterisierung von Feststoffen und Flüssigkeiten: Möglichkeiten und Grenzen: Röntgenbeugung, Röntgenstreuung, bildgebende Verfahren, NMR-, IR-, Raman-Spektroskopie, thermische Verfahren, Kopplungstechniken)
- Molekulare Materialchemie: Rolle der Gestalt von Molekülen, chemische Reaktivität, Selbstanordnungsphänomene, Kristallisation
- Chemie von ausgewählten Funktionswerkstoffen: Gläser, Hochleistungskeramiken, Membrane, optische und photonische Materialien, Oberflächenchemie von Materialien, Biomaterialien, Nanomaterialien

PKG Praktikum Kolloide und Grenzflächen (3 CP):

5 Gruppen von Experimenten:

- Siliziumdioxidpartikel: Synthese, Modifikation, Charakterisierung, Herstellung eines Opals
- Goldpartikel: Synthese, Modifikation, Charakterisierung, Agglomeration
- Halbleiterpartikel: Synthese, Fluoreszenzeigenschaften, Einbau in ein Nanokomposit
- Titandioxidpartikel: Synthese, Extraktion aus Sonnencreme, Charakterisierung, Photokatalyse
- Keramische und andere Partikel: Rheologie von Schlickern, Rus, Aktivkohle

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch oder Englisch (Unterlagen vielfach auf Englisch)

Literaturhinweise:

MaC01:

Vorlesung auf Powerpoint-Folien (zum Download im Internet zugänglich).

Introduction to Materials Chemistry, H.R. Allcock, Wiley

Materials Chemistry, B.D. Fahlman, Springer

Understanding Solids – The Science of Materials, R. Tilley, Wiley

PKG:

D. F. Evans and H. Wennerström, „The colloidal domain: where physics, chemistry, biology, and technology meet”, 2nd edition, Wiley, 1999.

R. Jelinek, „Nanoparticles“, 1st edition, De Gruyter, 2015.

G. Schmid: „Nanoparticles : from theory to application”, 2nd edition, Wiley, 2010.

T. F. Tadros, „Interfacial Phenomena and Colloid Stability: Basic Principles”, 1st edition, De Gruyter, 2015.

Anmeldung zum Praktikum per eMail: praktikum-kolloide@uni-saarland.de

Stand: 19.01.2026

Makromolekulare Chemie					MCI
Studiensem. 5 - 6	Regelstudiensem. 5 - 6	Turnus jährlich	Dauer 2 Semester	SWS 4	ECTS-Punkte 6
Modulverantwortliche/r	Gallei				
Dozent/inn/en	Gallei				
Zuordnung zum Curriculum [Pflicht, Wahlpflicht, Wahlbereich]	Wahlpflicht				
Zulassungsvoraussetzungen	Allgemeine Chemie				
Prüfungen	Klausuren zu beiden Lehrveranstaltungen (benotet)				
Lehrveranstaltungen / Methoden	Vorlesung + Übung MC01 Synthese von Polymeren, WS Vorlesung + Übung MC02 Analyse von Polymeren, SS				
Arbeitsaufwand	Vorlesungen + Übungen inkl. Klausuren: 15 Wochen (4 SWS): 60 h Vor- Nachbereitung, Klausur 120 h Summe: 180 h (6 CP)				
Modulnote	Mittelwert der beiden Klausurnoten				

Lernziele / Kompetenzen

Die Studierenden sollen:

- Die Synthese der wichtigsten Polymere beherrschen.
- Die wichtigsten Polymerisationsmechanismen kennenlernen.
- Die wichtigsten Methoden zur Charakterisierung von Polymeren kennenlernen.
- Die Studierenden entwickeln ein grundlegendes Verständnis der Prinzipien und Methoden in der Makromolekularen Chemie sowie der zugrunde liegenden Nomenklatur. Sie sind in der Lage, mit ihrem erworbenen Wissen an weiterführenden Veranstaltungen in der Makromolekularen Chemie teilzunehmen.
- Die Studierenden machen sich mit den Grundlagen der besonderen Eigenschaften makromolekularer Systeme und den Zusammenhängen dieser mit den Molekülstrukturen vertraut. Sie lernen, wie bestimmte Lösungseigenschaften benutzt werden, um Molmassen und Moleküldimensionen zu bestimmen und zu verstehen.

Inhalt

Vorlesung MC01 (3 CP)

- Behandelt werden im ersten Teil die Grundbegriffe der Makromolekularen Chemie, die Struktur, Molmasse und Uneinheitlichkeit von Polymeren und allgemeine Methoden zur Molmassenbestimmung. Der Fokus der Vorlesung stellt die wichtigsten Polymerisationsverfahren vor wie z.B. die radikalischen, ionischen und koordinativen Polymerisationen sowie Polykondensation und Polyaddition. Ebenfalls spielen hier Verfahren für die Polymerisation (Emulsion, Dispersion, Lösung usw.) eine große Rolle. Eine kurze Besprechung polymerer Umwandlungen und der Thermodynamik von Polymerlösungen rundet die Vorlesung ab.

Vorlesung MC02 (3 CP)

- Die Vorlesung behandelt die physikalisch-chemischen Grundlagen polymerer Lösungen. Im Einzelnen werden folgende Kapitel besprochen: Thermodynamik; Löslichkeit und Phasendiagramme; Struktur von statistischen und nicht statistischen Kettenmolekülen, Molmassenverteilungen; Charakterisierung der Molekülparameter durch Lösungseigenschaften (Osmotischer Druck; Licht- Röntgen- und Neutronenkleinwinkelstreuung, Diffusion, Rheologie); Mechanik von Polymeren und Viskoelastizität

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch, Wiederholungen optional auf Englisch

Literaturhinweise:

Bernd Tieke, Makromolekulare Chemie, Wiley-VCH
Hans-Georg Elias, Macromolecules (Band 1-3), Wiley-VCH
Hans-Georg Elias, An Introduction to Polymer Science, Wiley-VCH

Stand: 07.11.2019

Organische Chemie I					OCI
Studiensem. 2	Regelstudiensem. 2	Turnus jährlich	Dauer 1 Semester	SWS 5	ECTS-Punkte 7
Modulverantwortliche/r		Kazmaier			
Dozent/inn/en		Kazmaier			
Zuordnung zum Curriculum		Pflicht			
Zulassungsvoraussetzungen		AC01 Allgemeine Chemie			
Prüfungen		benotet: 2 Teilklausuren/ Klausur nach Abschluss aller Lehrveranstaltungen			
Lehrveranstaltungen / SWS		OC01 Einführung in die Organische Chemie 4V, 1Ü, SS			
Arbeitsaufwand		Vorlesung + Übung inkl. Klausuren: 15 Wochen, 5 SWS: 75 h Vor- Nachbereitung, Klausuren 135 h Summe: 210 h (7 CP)			
Modulnote		Mittelwert aus den Noten der Teilklausuren / Note der Abschlussklausur			

Lernziele / Kompetenzen

Die Studierenden sollen:

- die Grundlagen der Organischen Chemie kennenlernen
- Herstellung, Eigenschaften und Reaktionen der verschiedenen Substanzklassen beherrschen
- Reaktionsmechanismen der Organischen Chemie verstehen und anwenden
- die Nomenklatur organischer Verbindungen erlernen.

Inhalt

Vorlesung + Übungen OC01 (6 CP + 1 CP):

- Chemische Bindung in organischen Verbindungen: Atombindung, Bindungslängen und Bindungsenergien
- Allgemeine Grundbegriffe der Organischen Chemie: Systematik, Nomenklatur, Isomerie
- Grundbegriffe organischer Reaktionen
- Stereochemie: Stereoisomere, Molekülchiralität, Schreibweisen und Nomenklatur
- Gesättigte Kohlenwasserstoffe: Alkane
- Die radikalische Substitutions Reaktion (S_R): Herstellung, Struktur und Stabilität von Radikalen
- Ungesättigte Kohlenwasserstoffe: Alkene, Alkine
- Additionen an Alkene und Alkine: Elektrophile, nucleophile, radikalische Additionen, Cycloadditionen
- Aromatische Kohlenwasserstoffe: Chemische Bindung, Elektronenstrukturen, MO-Theorie, Reaktionen
- Die aromatische Substitution (S_Ar): elektrophile, nucleophile Substitution
- Halogenverbindungen
- Die nucleophile Substitution (S_N) am gesättigten C-Atom: S_N1 , S_N2 -Mechanismus
- Die Eliminierungsreaktionen (E_1 , E_2): α -, β -Eliminierung, Isomerenbildung
- Sauerstoff-Verbindungen: Alkohole, Phenole, Ether
- Schwefelverbindungen: Thiole, Thioether, Sulfonsäuren
- Stickstoff-Verbindungen: Amine, Nitro-, Azo-, Hydrazo-, Diazo-Verbindungen, Diazoniumsalze
- Element-organische Verbindungen: Bildung und Reaktivität, Synthetisch äquivalente Gruppen
- Aldehyde, Ketone und Chinone: Herstellung, Eigenschaften und Verwendung, Redoxreaktionen
- Reaktionen von Aldehyden und Ketonen
- Carbonsäuren: Herstellung, Eigenschaften und Verwendung, Reaktionen
- Derivate der Carbonsäuren: Herstellung, Eigenschaften und Verwendung, Reaktionen
- Reaktionen von Carbonsäurederivaten an der Carbonylgruppe, in α -Stellung zur Carbonylgruppe
- Kohlensäure und Derivate: Herstellung
- Kohlenhydrate: Monosaccharide, Disaccharide, Oligo- und Polysaccharide
- Aminosäuren, Peptide und Proteine

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise:

Latscha, Kazmaier, Klein, Basiswissen Chemie II: Organische Chemie, Springer Verlag 2015

Organische Chemie II					OCII
Studiensem. 3-4	Regelstudiensem. 3-4	Turnus jährlich	Dauer 1 Semester	SWS 6	ECTS-Punkte 8
Modulverantwortlicher	Gallei				
Dozenten	Gallei, Jauch				
Zuordnung zum Curriculum	Pflicht				
Zulassungsvoraussetzungen	Modul AAI				
Prüfungen	benotet: Abschlussklausuren zu den Vorlesungen				
Lehrveranstaltungen / SWS	OC02 Reaktionsmechanismen der Organischen Chemie 2V, 1Ü, WS OC04 Synthesemethoden und Umwandlung funktioneller Gruppen, 2V, 1 Ü, SS				
Arbeitsaufwand	OC02: Vorlesung + Übung inkl. Klausur: 15 Wochen, 3 SWS: 45 h Vor-, Nachbereitung, Klausur 75 h OC04: Vorlesung + Übung inkl. Klausur: 15 Wochen, 3 SWS: 45 h Vor-, Nachbereitung, Klausur 75 h Summe: 240 h (8 CP)				
Modulnote	Mittelwert der beiden Klausurnoten				

Lernziele / Kompetenzen

Erarbeitung eines Basiswissens organisch chemischer Reaktionen und deren mechanistischer Beschreibung;
 Formulierung plausibler Mechanismen auch für unbekannte organisch-chemische Reaktionen;
 Grundlage für Organische Chemie im Allgemeinen und für retrosynthetisches Denken

Inhalt

Vorlesung/Übung OC02 (4 CP)

- Radikale und Radikalreaktionen
- Aliphatische nukleophile Substitution
- Eliminierungen
- Additionen an C-C-Mehrfachbindungen
- Reaktionen von Aromaten (kompakt)
- Heterozyklen (kompakt)
- Carbonylverbindungen und Reaktionen, ohne Austrittsgruppe
- Carbonsäuren und Derivate (kompakt)
- C-H-acide Verbindungen

Vorlesung/Übung OC4 (4 CP)

Synthese von:

- Doppelbindungen, Dreifachbindungen,
- Halogeniden, Alkoholen, 1,2-Diolen, 1,3-Diolen, Ethern, Oxiranen, Oxetanen
- Aldehyden, Acetalen, ungesättigten Aldehyden, Hydroxyaldehyden, Ketonen, Hydroxketonen
- Carbonsäuren, Carbonsäurederivaten, Lactame, Halogencarbonsäuren, Hydroxycarbonsäuren, Nitrilen, Isonitrilen, ungesättigte Carbonsäuren, Aminosäuren
- Derivaten des Hydroxylamins und des Hydrazins, Nitroso-, Nitro-Verbindungen
- Phosphine, Phosphinoxide, Phosphonate, Phosphate
- Thiole, Thioether, Sulfone, Sulfoxide, Sulfinsäuren, Sulfonsäuren

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise:

Clayden Greeves Warren, Organische Chemie
Vollhardt, Schore, Organische Chemie, Wiley
Bruice, Organische Chemie, Pearson
Reinhard Brückner, Reaktionsmechanismen

Stand: 07.11.2019

Organische Chemie III					OCIII
Studiensem. 4	Regelstudiensem. 4	Turnus jährlich	Dauer 1 Semester	SWS 12	ECTS-Punkte 8

Modulverantwortlicher	Jauch
Dozenten	Gallei, Jauch, Kazmaier
Zuordnung zum Curriculum	Pflicht
Zulassungsvoraussetzungen	Modul OCI
Prüfungen	Praktikumsprotokolle (unbenotet)
Lehrveranstaltungen / SWS	OCG Grundpraktikum Organische Chemie 12P, SS
Arbeitsaufwand	Praktikum 28 Tage à 6,5 h Vor- Nachbereitung Praktikum Summe: 180 h 60 h 240 h (8 CP)
Modulnote	unbenotet

Lernziele / Kompetenzen

Die Studierenden sollen:

- Reaktionsmechanismen der Organischen Chemie verstehen und im Experiment umsetzen

Inhalt

Praktikum (8 CP)

- Durchführung vorwiegend einstufiger Präparate aus den Themengebieten: Addition, Eliminierung, Nucleophile Substitution, Elektrophile Substitution, Elektrophile Aromatensubstitution, Carbonylreaktionen, Radikalreaktionen, Oxidationen und Reduktionen,
- Reinigung und Charakterisierung der hergestellten Verbindungen durch: Destillation, Kristallisation, Schmelzpunktbestimmung, Bestimmung des Brechungsindex, IR-Spektroskopie

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise:

Schwertlick, Organikum, Wiley-VCH

Eicher, Tietze, Organisch-chemisches Grundpraktikum, Thieme

Anmeldung OCG: [Sekretariat Prof. Kazmaier](#)

Kapazität: 12 Teilnehmer je Gruppe, maximal 5 Gruppen

Organische Chemie IV					OCIV
Studiensem. 5	Regelstudiensem. 5	Turnus jährlich	Dauer 1 Semester	SWS 10	ECTS-Punkte 7

Modulverantwortlicher	Kazmaier
Dozenten	Gallei, Jauch, Kazmaier, Speicher
Zuordnung zum Curriculum	Pflicht
Zulassungsvoraussetzungen	Module OCII+III; Vorlesung OC03
Prüfungen	unbenotet: Testate für einzelne Stufen und Praktikumsprotokolle
Lehrveranstaltungen / SWS	OCF Organisches Praktikum für Fortgeschrittene 10P, WS
Arbeitsaufwand	Praktikum 28 Tage à 6 h (zum Praktikum gehört ein einwöchiger Intensivkurs über Arbeitsmethoden der Organischen Chemie) 150 h Vor- und Nachbereitung 60 h Summe: 210 h (7 CP)
Modulnote	unbenotet

Lernziele / Kompetenzen

Die Studierenden sollen nach OCF

- organische Substanzen nach Literaturvorschrift synthetisieren, isolieren und identifizieren können

Inhalt

Praktikum (7 CP)

- Zeichnen chemischer Strukturen und Reaktionsschemata mit Computerprogrammen sowie visualisieren und optimieren von Molekülstrukturen mit Modelling-Programmen
- in der Lage sein, Literaturrecherchen in SciFinder, Beilstein und anderen Datenbanken durchführen können und aus der gefundenen Literatur geeignete Synthesevorschriften auswählen können
- moderne Arbeitsmethoden der OC beherrschen (Schutzgastechnik, Tieftemperaturreaktionen, Gasreaktionen, Photochemie, Reaktionen unter Druck, Radikalchemie, Enolatchemie, Metallorganische Chemie, Schutzgruppen, Reaktionsverfolgung durch Dünnschichtchromatographie)
- Isolierung, Charakterisierung und Reinheitskontrolle der hergestellten Verbindungen durch Säulenchromatographie, DC, GC, HPLC, NMR, MS inkl. Auswerung und Interpretation der Ergebnisse

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise:

Tietze/Eicher, Synthesen in der Organischen Chemie

Anmeldung: Sekretariat Prof. Kazmaier

Kapazität: 12 Teilnehmer je Gruppe, maximal 5 Gruppen

Organische Chemie WP					OCWP
Studiensem. 5	Regelstudiensem. 5	Turnus jährlich	Dauer 1 Semester	SWS 2	ECTS-Punkte 3
Modulverantwortlicher	Jauch				
Dozenten	Jauch				
Zuordnung zum Curriculum	Wahlpflicht				
Zulassungsvoraussetzungen	Modul OCI				
Prüfungen	Klausur zur Vorlesung OC15				
Lehrveranstaltungen / SWS	OC04b Synthesemethoden und Umwandlung funktioneller Gruppen II (2 V, 3 CP) OC15 Stereochemie (2 V, 3 CP)				
Arbeitsaufwand	Vorlesungen inkl. Klausur: 15 Wochen (4 SWS): 60 h Vor- Nachbereitung, Klausuren 120 h Summe: 180 h (6 CP)				
Modulnote	Note der Klausur				

Lernziele / Kompetenzen

Die Studierenden sollen verschiedene klassische und moderne Umwandlungen von Funktionellen Gruppen und deren Reaktionsmechanismen kennenlernen. Dabei spielen auch die benötigten Reagenzien und Katalysatoren eine wichtige Rolle sowie die zugehörigen Standard-Reaktionsbedingungen. Sie sollen in der Lage sein, diese Umwandlungen auf die Synthese von komplexen Molekülen anzuwenden und in einfachen Fällen auch der stereochemischen Verlauf von Reaktionen angeben können. Außerdem sollen die Studierenden wichtige Nebenreaktionen der behandelten Umwandlungen kennen und entscheiden können, ob vor einer Umwandlung einer funktionellen Gruppe eine andere möglicherweise geschützt werden muss. Die Studierenden sollen in der Lage sein, die räumliche Struktur von Molekülen mit Hilfe der Begriffe Konstitution, Konfiguration und Konformation bzw. Enantiomer und Diastereomer zu beschreiben. Sie sollen die Konfigurationsbestimmung nach CIP bei Molekülen mit stereogenen Zentren, stereogenen Achsen und stereogenen Ebenen beherrschen und wissen, wie man experimentell Absolutkonfigurationen bestimmen kann. Die Studierenden sollen stabile Konformationen von Molekülen anhand von stabilisierenden und destabilisierenden elektronischen Effekten vorhersagen können. Sie sollen außerdem die klassischen und modernen Methoden der Analytik von Stereoisomeren und deren Anwendungsbreite kennen.

Inhalt

Vorlesung OC04b (3 CP)

- <https://www.uni-saarland.de/lehrstuhl/jauch/lehre/synthese-oc4b.html>

Vorlesung OC15 (3 CP)

- <https://www.uni-saarland.de/lehrstuhl/jauch/lehre/stereochemie-oc15.html>

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise OC04b: a) „Reaktionsmechanismen“, R. Brückner, Spektrum-Verlag, 3. Aufl. 2004. b) „Advanced Organic Chemistry“ Teil A + Teil B , F. A. Carey/ R. J. Sundberg, Springer-Verlag, 5. Aufl. 2007. c) „Organic Chemistry“, J. Clayden/ N. Greeves/ S. Warren, Oxford University Press, 2. Aufl. 2012. d) „Advanced Organic Chemistry“, J. March/ M. B. Smith, Wiley, 7. Aufl. 2013. e) „Classics in Total Synthesis I“, K. C. Nicolaou, E. J. Soerensen, Wiley-VCH, 1996. f) „Classics in Total Synthesis II“, K. C. Nicolaou, S. A. Snyder, Wiley-VCH, 2003. g) „Classics in Total Synthesis III“, K. C. Nicolaou, J. S. Chen, Wiley-VCH, 2011. h) „Strategic Applications of Named Reactions in Organic Synthesis“, L. Kürti, B. Czacko, Elsevier-Verlag. i) „Organic Synthesis“, M. B. Smith, Elsevier Verlag, 4. Aufl. 2016. j) „Protective Groups in Organic Synthesis“, T. W. Geene, P. Wuts, Wiley-VCH, 5. Aufl. 2014. k) „Protecting Groups in Organic Chemistry“, P. Kochinsky, Thieme-Verlag, 3. Aufl. 2006. l) „Lehrbuch der Organischen Chemie“, H. Beyer, W. Walter, W. Francke, Hirzel-Verlag, 25. Aufl. 2015.

Literaturhinweise OC15: a) „Stereochemistry of Organic Compounds“ ,E. L. Eliel, S. H. Wilen, L. N. Mander, Wiley-VCH, 1994. b) „Stereochemie,“ Hauptmann, Mann, Spektrum-Verlag, 1996. c) „Stereochemie“, Hellwich, Springer-Verlag, 2007. d) „Übungen zur Stereochemie“, Hellwich, Springer-Verlag, 2007. e) „Stereochemistry of Organic Compounds“, Nasipuri, New Academic Science, 2012.

Sonstige Hinweise: die OC15 ist eine empfehlenswerte Grundlage für die OC09 im Masterstudiengang.

Stand: 05.04.2022

Physik					P
Studiensem. 1-2	Regelstudiensem. 1-2	Turnus jährlich	Dauer 2 Semester	SWS 10	ECTS-Punkte 11
Modulverantwortliche/r		Studienbeauftragter der FR Physik			
Dozent/inn/en		Dozenten der Physik			
Zuordnung zum Curriculum		Pflicht			
Zulassungsvoraussetzungen		keine			
Prüfungen		Klausur zur Vorlesung (benotet) Protokolle und Kolloquien zum Praktikum (unbenotet)			
Lehrveranstaltungen / SWS		P01 Elementare Einführung in die Physik I, 2 V, 1 Ü, WS P02 Elementare Einführung in die Physik II, 2 V, 1 Ü, SS PG Praktikum in Experimentalphysik, 4P, SS			
Arbeitsaufwand		Vorlesungen: P01 15 Wochen, 3 SWS: 45 h Vor- Nachbereitung, Klausur 75 h (4 CP) P02 15 Wochen, 3 SWS: 45 h Vor- Nachbereitung, Klausur 75 h (4 CP) Praktikum: 12 Wochen à 5 h 60 h (2 CP) Vor- und Nachbereitung 30 h (1 CP) Summe: 330 h (11 CP)			
Modulnote		Mittelwert der beiden Klausuren			

Lernziele / Kompetenzen

Die Studierenden sollen:

- Sicherer und strukturiertes Wissen zu den unten genannten physikalischen Themenbereichen erwerben
- Kenntnis von Schlüsselexperimenten und experimentellen Techniken/Messmethoden nachweisen
- Fähigkeit zur Anwendung und quantitativen Behandlung einschlägiger Probleme erwerben
- Anwendung mathematischer Formalismen zur Lösung physikalischer Problemstellungen üben
- Erfahrungen im selbständigen Experimentieren, Messplanung, Datenaufnahme, Auswertung, Fehlerbehandlung, Protokollierung, Diskussion sammeln

Inhalt

Vorlesungen/Übungen (8 CP):

- Physikalische Grundlagen:
Mechanik, Elektrik, Optik, Akustik, Wärmelehre, Schwingungen und Wellen; wichtige physikalische Grundgrößen und Gesetze.
- Mechanik:
Newton'sche Mechanik, Kinematik, Dynamik, Erhaltungssätze, Stoßgesetze, Schwingungen, Rotation, Gravitation, Himmelsmechanik; ideale Flüssigkeiten,
- Wärmelehre:
Ideales Gas, Zustandsänderung, Gleichgewicht/Nichtgleichgewicht, Entropie, Kreisprozesse, Phasenumwandlung, reale Gase
- Schwingungen und Wellen:
Klassifikation von Wellen, Akustik, Ebene Wellen, Polarisation, Einführung in die Optik
- Elektrizitätslehre:
Elektrostatik, Magnetostatik, Feldbegriff, statische Felder, zeitlich veränderliche Felder, Induktion, Elektromotoren, Schwingkreis, elektromagnetische Wellen

Praktikum (3 CP)

- Einführung in die Fehlerrechnung (systematische und statistische Fehler, Fehlerfortpflanzung)
- Mechanik (z.B. Schwingungen, elastische Materialeigenschaften)
- Wärmelehre (z.B. Temperaturmessung, Wärmeleitung)
- Elektrizitätslehre (z.B. Gleich- und Wechselströme, Magnetismus)
- Optik (z.B. Beugung, Emission von Licht)
- Radioaktivität (z.B. Nachweis von Strahlung, Absorption von Stahlung, Umweltradioaktivität)

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise:

Halliday, Resnick, Walker, Koch, "Physik", Wiley-VCH, Berlin, 2005

Eichler, H. J.; Kronfeldt, H.-D.; Sahm, J.: "Das Neue Physikalische Grundpraktikum", Springer, Berlin, 2006

Geschke, D. [Hrsg.]: "Physikalisches Praktikum", Teubner, Stuttgart, 2001

Walcher, W.: "Praktikum der Physik", Teubner, Stuttgart, 2006

Versuchsanleitungen und weitere Informationen zum Praktikum unter:

<http://grundpraktikum.physik.uni-saarland.de/>

Anmeldung: Anmeldung zum Praktikum PG zu Semesterbeginn erforderlich

Physikalische Chemie I					PCI				
Studiensem. 2	Regelstudiensem. 2	Turnus jährlich	Dauer 1 Semester	SWS 4	ECTS-Punkte 5				
Modulverantwortliche/r		Kay							
Dozent/inn/en		Kay							
Zuordnung zum Curriculum [Pflicht, Wahlpflicht, Wahlbereich]		Pflicht							
Zulassungsvoraussetzungen		Voraussetzung zur Klausurteilnahme: bewertete Übungen							
Prüfungen		Teilklausuren zur Vorlesung (benotet)							
Lehrveranstaltungen / SWS		PC02 Physikalische Chemie 2, 2V, 2Ü, SS							
Arbeitsaufwand		PC02 Vorlesung mit Übung: 15 Wochen, 4 SWS Vor- und Nachbereitung Klausurvorbereitung Summe:							
		60 h 60 h 30 h zus. 150 h (5 CP)							
Modulnote		Gesamtnote der Klausuren							
Lernziele / Kompetenzen									
Die Studierenden sollen:									
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Die Grundzüge der Thermodynamik, chemischen Kinetik und Elektrochemie kennenlernen und anwenden können Systeme im Gleichgewichtig und jenseits des Gleichgewichts mathematisch beschreiben und analysieren können ➤ Verstehen wie und warum physikalische Prozesse und chemische Reaktionen ablaufen ➤ Physikalisch-chemische Methoden verstehen und anwenden können ➤ Ein Verständnis für Struktur-Eigenschafts-Beziehungen entwickeln 									

Inhalt

PC02 Vorlesung mit Übung (5 CP):

Die Veranstaltung gliedert sich in 3 Abschnitte: Thermodynamik, Kinetik und Elektrochemie.

Thermodynamik:

- Eigenschaften von Gasen
- Kinetische Gastheorie und Einführung in die Statistische Thermodynamik
- Hauptsätze der Thermodynamik
- Helmholtz- und Gibbs-Energie

Kinetik:

- Grundbegriffe der chemischen Reaktionskinetik
- Formale Kinetik von Elementarschritten
- Kinetik komplexerer Reaktionen und Katalyse

Elektrochemie:

- Charakteristika elektrochemischer Reaktionen
- Thermodynamik elektrochemischer Reaktionen
- Ladungstrennung an Grenzflächen
- Experimentelle Methoden

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch, Englisch

Grundlagenkenntnisse in MATLAB werden vorausgesetzt

Literaturhinweise: P.W. Atkins, Physikalische Chemie;
G. Wedler, Lehrbuch der Physikalischen Chemie
Th. Engel, Ph. Reid, Physikalische Chemie

Stand: 05.04.2022

Physikalische Chemie II					PCII
Studiensem. 3	Regelstudiensem. 3	Turnus jährlich	Dauer 1 Semester	SWS 10	ECTS-Punkte 7

Modulverantwortliche/r	Kay
Dozent/inn/en	Jung, Kay
Zuordnung zum Curriculum [Pflicht, Wahlpflicht, Wahlbereich]	Pflicht
Zulassungsvoraussetzungen	Module AAI & PCI Grundpraktikum Allgemeine Chemie
Prüfungen	Protokolle (unbenotet)
Lehrveranstaltungen / Methoden	PCG Grundpraktikum Physikalische Chemie, P10, WS
Arbeitsaufwand	PCG Praktikum inkl. Kolloquium (12 Wochen à 10 h) 120 h Vor- und Nachbereitung 90 h (7 CP) Summe: 210 h (7 CP)
Modulnote	unbenotet

Lernziele / Kompetenzen Eigenständiges experimentelles Arbeiten mit Messmethoden der Physikalischen Chemie zu den Gasgesetzen, zur Thermodynamik und zur chemischen Reaktionskinetik.

Inhalt PCG Grundpraktikum Physikalische Chemie (7 CP): Eigenständiges experimentelles Arbeiten mit Messmethoden der Physikalischen Chemie zu den Gasgesetzen, zur Thermodynamik, zur chemischen Reaktionskinetik und zur Elektrochemie
--

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise: P.W. Atkins, Physikalische Chemie;
G. Wedler, Lehrbuch der Physikalischen Chemie
Th. Engel, Ph. Reid, Physikalische Chemie

Stand: 30.03.2022

Physikalische Chemie III					PCIII
Studiensem. 3	Regelstudiensem. 3	Turnus jährlich	Dauer 1 Semester	SWS 8	ECTS-Punkte 10
Modulverantwortliche/r	Jung				
Dozent/inn/en	Jung, Kay, Stopkowicz				
Zuordnung zum Curriculum [Pflicht, Wahlpflicht, Wahlbereich]	Pflicht				
Zulassungsvoraussetzungen	Modul AAI PC03 : Voraussetzung zur Klausurteilnahme : bewertete Übungen				
Prüfungen	Klausuren zu den Vorlesungen (benotet)				
Lehrveranstaltungen / Methoden	PC03 Physikalische Chemie 3, 2V, 2Ü, WS PC04 Quantenchemie, 2V, 2Ü, SS				
Arbeitsaufwand	PC03 mit Übung: 15 Wochen, 4 SWS Vor- und Nachbereitung 60 h Klausurvorbereitung 30 h zus. 150 h (5 CP)				
	PC04 mit Übung: 15 Wochen, 4 SWS Vor- und Nachbereitung 60 h Klausurvorbereitung 30 h zus. 150 h (5 CP)				
	Summe: 300 h (10 CP)				
Modulnote	Mittelwert der beiden Klausurnoten				

Lernziele / Kompetenzen
Entwicklung des Verständnis für:
- weiterführende Thematiken der Thermodynamik, Kinetik und Elektrochemie, aufbauend auf dem Inhalt der Physikalischen Chemie II
- quantentheoretische Grundlagen der Chemie

Inhalt

PC03 Vorlesung PC03 mit Übung (5 CP):

Die Veranstaltung gliedert sich in 3 Abschnitte: Thermodynamik, Kinetik und Elektrochemie.

Thermodynamik:

- Phasengleichgewichte und Mischphasen
- Thermodynamik von Festkörpern

Kinetik:

- Experimentelle Methoden zur Reaktionsverfolgung
- Theorien zur Berechnung von Geschwindigkeitskonstanten
- Transport

Elektrochemie:

- Kinetik elektrochemischer Reaktionen
- Massentransport und Randschichten an der elektrochemischen Grenzfläche
- Anwendungsbeispiele
- Elektrosynthese

Vorlesung und Übung PC04 (5 CP):

- Die Quantentheorie und die Schrödinger Gleichung
- Die quantenmechanische Wellenfunktion
- Teilchen im Kasten, starrer Rotator, harmonische Oszillator
- H-Atom
- Störungstheorie und Variationsprinzip
- Born-Oppenheimer, Hückel-Theorie

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch und Englisch

Grundlagenkenntnisse in MATLAB werden vorausgesetzt.

Literaturhinweise:

P.W. Atkins, Physikalische Chemie;
G. Wedler, Lehrbuch der Physikalischen Chemie
Th. Engel, Ph. Reid, Physikalische Chemie

Stand: 30.03.2022

Physikalische Chemie IV					PCIV					
Studiensem. 4	Regelstudiensem. 4	Turnus jährlich	Dauer 1 Semester	SWS 8	ECTS-Punkte 6					
Modulverantwortliche/r	Kay									
Dozent/inn/en	Jung, Kay, Stopkowicz									
Zuordnung zum Curriculum [Pflicht, Wahlpflicht, Wahlbereich]	Pflicht									
Zulassungsvoraussetzungen	Module PCI+II									
Prüfungen	Protokolle und Kolloquien zum Praktikum; Abschlussklausur (unbenotet)									
Lehrveranstaltungen / Methoden	PCF Fortgeschrittenenpraktikum Physikalische Chemie, P8, WS und SS									
Arbeitsaufwand	PCF Praktikum inkl. Kolloquium (6 Wochen à 20 h) 120 h (4 CP) Vor- und Nachbereitung 60 h (2 CP) Summe: 180 h (6 CP)									
Modulnote	unbenotet									
Lernziele / Kompetenzen Eigenständiges experimentelles Arbeiten mit Messmethoden der Physikalischen Chemie zu Reaktionskinetik und Spektroskopie										
Inhalt <u>Praktikum PCF (6 CP):</u> <ul style="list-style-type: none"> - Infrarot- und Ramanspektroskopie - UV-Spektroskopie - Fluoreszenzspektroskopie - EPR-Spektroskopie - NMR-Spektroskopie - Quantenchemie 										

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise:

P.W. Atkins, Physikalische Chemie;
G. Wedler, Lehrbuch der Physikalischen Chemie
Th. Engel, Ph. Reid, Physikalische Chemie

Anmeldung: Anmeldung zum Praktikum PCF zu Semesterbeginn erforderlich

Stand: 30.03.2022

Physikalische Chemie WP - Licht					PCWP
Studiensem. 6	Regelstudiensem. 6	Turnus jährlich	Dauer 1 Semester	SWS 2	ECTS-Punkte 3
Modulverantwortlicher					Kay
Dozenten					Kay
Zuordnung zum Curriculum					Wahlpflicht
Zulassungsvoraussetzungen					PC-F
Prüfungen					Mündliche Prüfung
Lehrveranstaltungen / SWS					Licht (1 V, 1.5 CP) Übungen zur Vorlesung (1 Ü, 1.5 CP)
Arbeitsaufwand					Vorlesungen und Übungen inkl. Klausur: 15 Wochen (2 SWS): 30 h Vor- Nachbereitung, Prüfung 60 h Summe: 90 h (3 CP)
Modulnote					Note der Abschlussprüfung

Lernziele / Kompetenzen

Die Studierenden sollen in diesem Wahlpflichtmodul ein vertieftes Verständnis für die beiden fundamentalen Energieformen, elektromagnetische Strahlung und thermischer Energie, gewinnen. Die Phänomene rund um Licht und Wärme, sowie deren Wechselwirkungen sind grundlegend für das Verständnis der Vorgänge im Universum und viele Befunde in der Wissenschaft. Initiiert wurde dieses Gebiet durch das Versagen der klassischen Physik bei der Beschreibung von thermischen Strahlern (Rayleigh-Jeans Gesetz und UV-Katastrophe). Die Studierenden lernen in diesem Modul dazu das Konzept der Schwarzkörperstrahlung kennen, welches die Grundlage der Zusammenhänge zwischen den beiden Energieformen bildet. Sie sollen dabei unter anderem lernen und anwenden, wie Zusammenhänge zwischen der Temperatur eines Objektes und seiner abgestrahlten Energie ist (u.a. Plancksches Strahlungsgesetz, Wiensches Verschiebungsgesetz, Stefan-Boltzmann-Gesetz) lauten. Dieses Konzept wird, aufbauend auf grundlegenden Prinzipien, detailliert hergeleitet und auf verschiedene Beispiele angewandt. Davon ausgehen werden, unter anderem, die Möglichkeiten kosmische Objekte auf der Erde zu untersuchen und analysieren diskutiert. Darüber hinaus bildet die Vorlesung eine wichtige Grundlage für das Verständnis der Zusammenhänge und Schnittstelle der Teilgebiete der Physik und Physikalischen Chemie, namentlich Quantenmechanik, Thermodynamik und Statistische Physik. Diese Inhalte sind hilfreich für das Verständnis und die Anwendungen von zahlreichen modernen Methoden in den Naturwissenschaften.

Alle in der Vorlesung besprochenen Inhalte werden immer auch anhand von anschaulichen Beispielen diskutiert und gerechnet in Übungen mit Matlab.

Inhalt

Vorlesung und Übungen (3 CP)

s. Homepage AK Prof. Kay

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Englisch/Deutsch

Vorkenntnisse: Matlab

Stand: 05.04.2022

Spektroskopie					Sp
Studiensem. 4	Regelstudiensem. 4	Turnus jährlich	Dauer 1 Semester	SWS 8	ECTS-Punkte 10
Modulverantwortlicher		Jauch			
Dozenten		Jauch, Jung, Kay			
Zuordnung zum Curriculum		Pflicht			
Zulassungsvoraussetzungen		Module AAI, OCI			
Prüfungen		Klausur zur Vorlesung OC03 (benotet); mündl. Prüfung zur Vorlesung PC05 (benotet)			
Lehrveranstaltungen / SWS		OC03 Strukturaufklärung und Spektroskopie 3V, 1Ü, SS PC05 Spektroskopie, 2V,2Ü, SS			
Arbeitsaufwand		OC03 Vorlesung + Übungen: 15 Wochen, 4 SWS: 60 h Vor-, Nachbereitung, Klausur 90 h (5 CP) PC05 Vorlesung + Übungen inkl. Klausuren: 15 Wochen, 4 SWS: 60 h Vor-, Nachbereitung, Klausuren 90 h (5 CP) Summe: 300 h (10 CP)			
Modulnote		Mittelwert der beiden Prüfungen			

Lernziele / Kompetenzen
<p>OC03: Die Studierenden sollen nach OC03</p> <ul style="list-style-type: none"> - die Grundlagen der spektroskopischen Methoden, die die OC hauptsächlich nutzt, beherrschen - die spektroskopischen Methoden der OC zur Strukturaufklärung anwenden können
<p>PC05</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grundlagen und Aussagekraft der gängigen spektroskopischen Techniken - Quantitative Auswertung einfacher Spektren

Inhalt

Vorlesung/Übung OC03 (5 CP)

- NMR-Spektroskopie: Eigenschaften von Kernen, Chemische Verschiebung, Spin-Spin-Kopplung, ^1H -NMR und Struktur, ^{13}C -NMR und Struktur
- Einführung in die ESR-Spektroskopie: Interpretation von Spektren, Aufbau von Spektrometern, theoretischer Hintergrund

Vorlesung und Übung PC05 (5 CP):

- Prinzipien der Wechselwirkung Licht-Materie (auch zeitabhängige Störungstheorie): Unterschiede Absorptions-, Photoemissions- und Elektronenemissionstechniken; Streumethoden;
- Magnetische Resonanz: Einführung in die Quantenmechanik von 2 gekoppelten Spins in einem Magnetfeld (ESR, NMR); Fouriertransformation
- Schwingungsspektroskopie: IR- und Raman-Spektroskopie, Normalschwingungen, Gruppentheorie
- Elektronenspektroskopie: Kernelektronenspektroskopie (XPS, XANES/EXAFS, Auger...), Valenzelektronenspektroskopie (UPS, UV/Vis, Fluoreszenz/Phosphoreszenz),
- Laser als spektroskopisches Hilfsmittel, zeitaufgelöste Spektroskopie

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch

Literaturhinweise:

OC03: Hesse/Maier/Zeeh, Spektroskopische Methoden in der Organischen Chemie, Thieme Verlag
F. McLafferty, Interpretation of Mass Spectra

PC05:

Thomas Engel und Philip Reid: *Physikalische Chemie*, Pearson Studium

Gerd Wedler, Lehrbuch der Physikalischen Chemie, Wiley-VCH, Weinheim

Peter W. Atkins, *Physikalische Chemie*, Wiley-VCH, Weinheim

Chechik, Carter, Murphy, *Electron Paramagnetic Resonance*, Oxford

Stand: 30.03.2022

Wahlpflicht					WP					
Studiensem. 5-6	Regelstudiensem. 5-6	Turnus jährlich	Dauer 1-2 Semester	SWS	ECTS-Punkte 18					
Modulverantwortliche/r	Prüfungsausschussvorsitzender									
Dozent/inn/en	Dozenten der Chemie									
Zuordnung zum Curriculum [Pflicht, Wahlpflicht, Wahlbereich]	Wahlpflicht									
Zulassungsvoraussetzung zum Modul	Siehe jeweilige Veranstaltungsbeschreibung									
Prüfungen	Siehe jeweilige Veranstaltungsbeschreibung									
Lehrveranstaltungen / Methoden	6 auszuwählen aus: - BCWP Biologische Chemie (3 CP) - IC01 Industrielle Aspekte der Chemie (3 CP) - IC02 Industrielle Organische Chemie (3 CP) - Mac01 Einführung in die Materialchemie (3 CP) - MC01 Synthese von Polymeren (3 CP) - MC02 Analyse von Polymeren (3 CP) - OC15 Stereochemie (3 CP) - PCWP Licht (3 CP) - PKG Praktikum Kolloide und Grenzflächen (3 CP)									
Arbeitsaufwand	Es sind 6 Veranstaltungen zu je 3 CP auszuwählen									
Modulnote	benotet									
Lernziele / Kompetenzen										
Siehe jeweilige Veranstaltungsbeschreibung										
Inhalt										
- Siehe jeweilige Veranstaltungsbeschreibung										
Weitere Informationen										
Siehe jeweilige Veranstaltungsbeschreibung										

Bachelorarbeit					Z
Studiensem. 6	Regelstudiensem. 6	Turnus Jedes Semester	Dauer 11 Wochen	SWS	ECTS-Punkte 12

Modulverantwortliche/r	Prüfungsausschussvorsitzender
Dozent/inn/en	Dozenten der Chemie
Zuordnung zum Curriculum [Pflicht, Wahlpflicht, Wahlbereich]	Pflicht
Zulassungsvoraussetzung zum Modul	Siehe §18 Prüfungsordnung
Prüfungen	Schriftliche Arbeit
Lehrveranstaltungen / Methoden	
Arbeitsaufwand	9 Wochen experimentelle Arbeiten 320h Niederschrift der Arbeit 40h Summe: 360h (12 CP)
Modulnote	benotet

Lernziele / Kompetenzen
In der Bachelor-Arbeit lernen die Studierenden unter fachlicher Anleitung wissenschaftliche Methoden auf die Lösung eines vorgegebenen Problems innerhalb einer vorgegebenen Zeit anzuwenden.

Inhalt
<ul style="list-style-type: none"> - Literaturstudium zum gegebenen Thema - Selbständige Durchführung von Experimenten - Kritische Beurteilung und Diskussion der erhaltenen Resultate - Vergleich der Resultate mit dem Stand der Literatur - Niederschrift der Arbeit

Weitere Informationen

Unterrichtssprache: Deutsch oder Englisch

Literaturhinweise: werden je nach Thema von den betreuenden Dozenten gegeben

Einer der beiden Gutachter der Bachelorarbeit muss ein Professor / eine Professorin aus dem Fachbereich Chemie sein.