

# Modulhandbuch

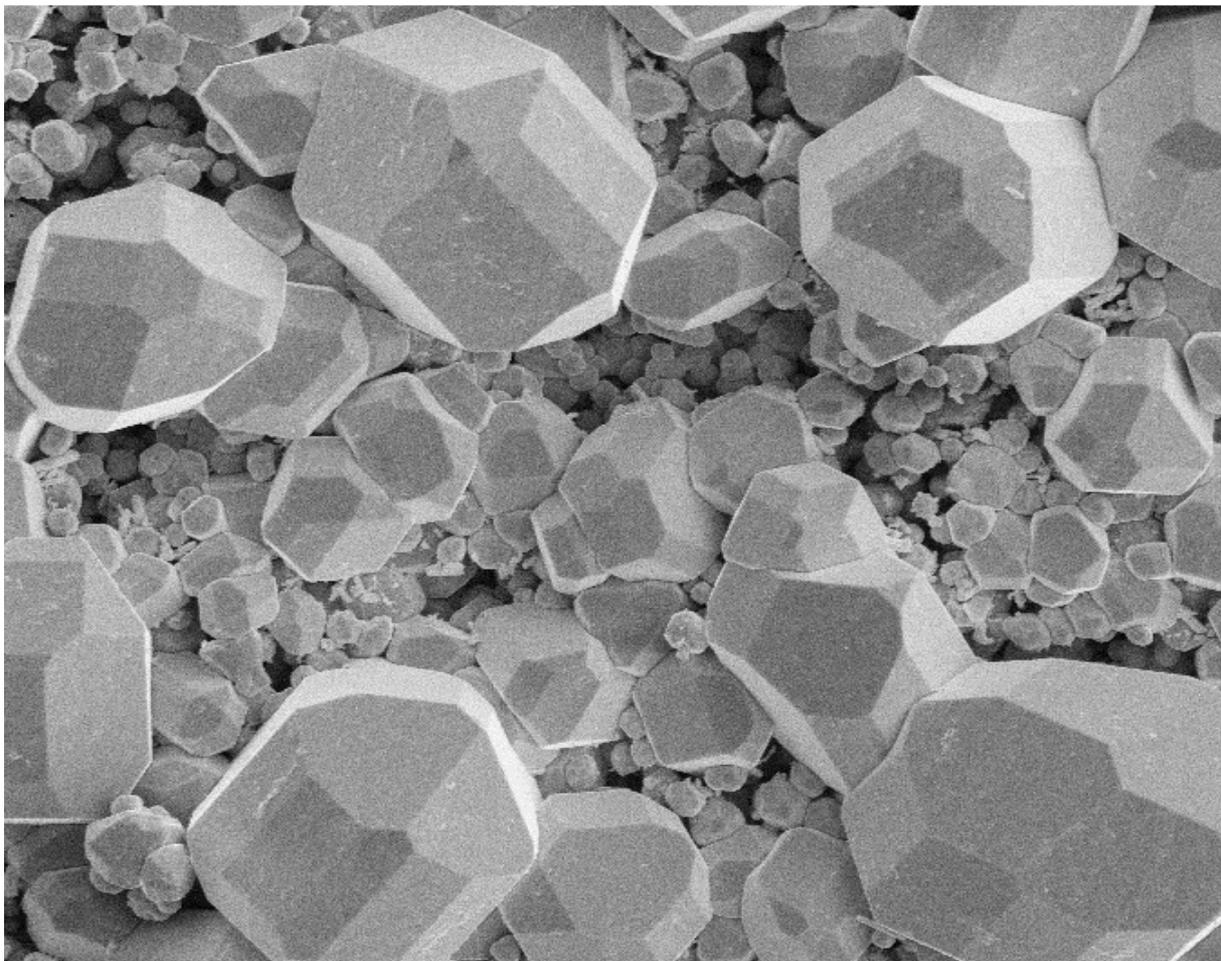
M.Sc. Sustainable Materials – Functional Materials  
PO 2017

Fakultät für Chemie und Pharmazie und  
Technische Fakultät

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg



**UNI  
FREIBURG**



Stand: 18. Dezember 2018

## Einleitende Worte

Dieses Modulhandbuch dient als Einstiegshilfe und Leitfaden für das Studium im Masterstudiengang Sustainable Materials – Profilrichtung Functional Materials (M.Sc.) in Freiburg. Es enthält einen Überblick über Struktur und Ablauf des Masterstudiengangs. Kernstück ist der Modulkatalog, der die Details über die Lehrveranstaltungen der Module beinhaltet.

Das Modulhandbuch wurde mit Sorgfalt erstellt und bietet eine große Fülle an Informationen in verständlicher Form. Eine Garantie auf Vollständigkeit oder Beantwortung aller Fragen kann gleichwohl nicht gegeben werden. Falls Sie Fragen haben, die im Modulhandbuch nicht beantwortet werden, so wenden Sie sich vertrauensvoll an die Anlaufstellen, die im Anhang genannt werden. Ergänzungen und Korrekturvorschläge sind willkommen.

Zur besseren Lesbarkeit wird darauf verzichtet, weibliche und männliche Personenbezeichnungen im vorliegenden Katalog zu nutzen. In allen Fällen geschlechterspezifischer Bezeichnungen sind sowohl Frauen als auch Männer gemeint.

## Inhaltsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Einleitende Worte .....                        | 3  |
| 1. Überblick und Aufbau des Studiengangs ..... | 4  |
| 2. Modulbeschreibungen .....                   | 5  |
| 3. Anhang .....                                | 33 |

# 1. Überblick und Aufbau des Studiengangs

Der Masterstudiengang Sustainable Materials – Functional Materials ist ein konsekutiver interdisziplinärer und interfakultärer naturwissenschaftlicher Studiengang. Er richtet sich an Absolventen eines natur- oder ingenieurwissenschaftlichen Bachelorstudiums mit den Schwerpunkten Chemie, Physik, Werkstoffwissenschaften oder Verfahrenstechnik, die sich für Forschungs- und Entwicklungsaufgaben im Bereich nachhaltiger Funktionsmaterialien und Technologien qualifizieren möchten und bildet einen Brückenschlag zwischen der Chemie und der Mikroelektronik.

Mit fachspezifischen Veranstaltungen in den ersten beiden Fachsemestern erfolgen Angleich und Vertiefung des Grundlagenwissens von Absolventen aus der Chemie und den Ingenieur- bzw. Materialwissenschaften.

Eine zentrale Veranstaltung im ersten Jahr ist ein gemeinsames chemisches Praktikum mit Schwerpunkt auf der Synthese und der Charakterisierung von Funktionsmaterialien sowie darauf aufbauend der Herstellung funktionsfähiger Systeme (Devices).

Die Fortsetzung erfolgt im Methodenpraktikum, mit Stationen am Institut für Mikrosystemtechnik (IMTEK) und an den Fraunhofer-Instituten.

Veranstaltungen zu modernen Methoden der Strukturaufklärung und der Messung der physikalischen Eigenschaften von Funktionswerkstoffen in Theorie und Praxis stellen weitere Schwerpunkte des Studiengangs dar. Die von allen am Studiengang beteiligten Dozenten gehaltenen Ringvorlesungen dokumentieren die Interdisziplinarität.

Im Modul 'Methoden und Konzepte' wählen die Studierenden frei aus dem Lehrveranstaltungsangebot der Fakultäten, auch Veranstaltungen der anderen Profillinien des Studiengangs wie *Polymer Sciences* und *Crystalline Materials*.

Die Profilbildung erfolgt im dritten Fachsemester durch die Wahl entsprechender Vertiefungs- und Forschungspraktika in den Forschungsgruppen. Alternativ können auch Veranstaltungen aus zwei Vertiefungsbereichen (Concentration Areas) des Studiengangs M.Sc. Mikrosystemtechnik gewählt werden. Das Studium wird im vierten Semester mit der Masterarbeit abgeschlossen.

## Aufbau "Sustainable Materials – Functional Materials" (PO 2017)

|     |  |   |                                |   |  |  |
|-----|--|---|--------------------------------|---|--|--|
| FS4 | Masterarbeit<br>30 ECTS                                    |   |                                |   |  |  |
| FS3 | Vertiefungspraktikum oder 2 Concentration Areas<br>12 ECTS |   | Forschungspraktikum<br>12 ECTS |   | Methoden und Konzepte (freie Wahl)<br>9 ECTS |  |
| FS2 | Anorganische Funktionsmaterialien<br>6 ECTS                | Methoden der Materialwissenschaften<br>3 ECTS | Methodenpraktikum<br>6 ECTS    | Engineering of Functional Materials<br>6 ECTS |  |  |
| FS1 | Organische Funktionsmaterialien<br>6 ECTS                  | Methoden der Chemie<br>3 ECTS                 | Ergänzungsbereich<br>21 ECTS   |   | Sustainability<br>6 ECTS                     |  |

## 2. Modulbeschreibungen

|  |   |           |
|--|---|-----------|
| <b>Modul/module</b>                                    | <b>Organic Functional Materials / Organische Funktionsmaterialien</b> |           |
|  | 08LE05MO_88 633 088 - 0 2017_OFuMAT                                   |           |
| <b>Fach/department:</b>                                | Chemie  |           |
| <b>Empfohlenes Semester/<br/>recommended semester:</b> | 1. FS   | 6 ECTS CP |

| Lehrveranstaltungen/units                                       | Lehrform/<br>Type | Kontaktzeit/<br>Workload<br>contact | Selbststudium/<br>Workload<br>self-study | P/<br>WP | SWS |
|---|-------------------|-------------------------------------|--|----------|-----|
| a. Organische Chemie VIe:<br>Funktionsmaterialien (Prof. Esser) | V                 | 30 h                                | 60 h                                     | P        | 2   |
| b. Lab Course Organic Functional Materials<br>(Prof. Esser)     | Pr                | 45 h                                | 45 h                                     | P        | 3   |

**Turnus/rotation** a. Jedes WS  
b. Jedes WS

**Dozenten/teachers** Die Dozenten der Fakultät für Chemie

**Modulverantwortlicher  
/ responsible person** Prof. Dr. Birgit Esser

**Sprache/language** Deutsch

**Voraussetzungen/  
requirements** Keine

**Lernziele/goals** In diesem Modul sollen die Studierenden mit der praktischen Durchführung typischer Materialsynthesen vertraut gemacht werden. Auch die Charakterisierung der synthetisierten Materialien soll eine zentrale Rolle in diesem Modul einnehmen, um somit das in der Vorlesung erlangte theoretische Wissen an konkreten Beispielen in die Praxis umsetzen.

**Lehrinhalt/contents**

a. Organische Chemie VIe: Funktionsmaterialien (Prof. Esser), 08LE05V-ID020201  
Diese Veranstaltung soll einen Überblick über das Gebiet der organischen Funktionsmaterialien geben. Ausgewählte Materialien werden vorgestellt (u.a. konjugierte Oligomere und Polymere, Kohlenstoffmaterialien, redoxaktive Polymere) und ihre Synthese, Eigenschaften und Anwendungen (z.B. Photovoltaik, Detektion kleiner Moleküle, Ladungsspeicherung) diskutiert. Die Veranstaltung soll einen Einblick gewähren in das Design funktionaler organischer Materialien und in die Herstellung von Systemen mit maßgeschneiderten Eigenschaften. Im besonderen Fokus liegt der Zusammenhang zwischen der molekularen Struktur von Verbindungen und ihren Eigenschaften auf molekularer Ebene sowie als Funktionsmaterial im System der Anwendung.

b. Lab Course Organic Functional Materials (Prof. Esser), 08LE05P-ID020227  
In diesem Praktikum sollen die in der Vorlesung erlernten Konzepte realisiert werden. Dabei wird z.B. ein organisches Funktionsmaterial synthetisiert, mit den erlernten Methoden auf molekularer Ebene charakterisiert und in ein Bauteil eingebaut werden. Dieses wird abschließend mit der entsprechenden Methodik

charakterisiert und auf seine Funktion hin getestet werden.

**Studien- und  
Prüfungsleistungen/  
exams**

PL: schriftlich und/oder mündlich und/oder praktisch

# Modul/module **Inorganic Functional Materials / Anorganische Funktionsmaterialien**

08LE05MO\_88|633|088|-|0|2017\_AFuMAT

Fach/department: **Chemie**

Empfohlenes Semester/  
recommended semester: **2. FS**

**6 ECTS CP**

| Lehrveranstaltungen/units                                       | Lehrform/<br>Type | Kontaktzeit/<br>Workload<br>contact | Selbststudium/<br>Workload<br>self-study | P/<br>WP | SWS |
|---|-------------------|-------------------------------------|--|----------|-----|
| a. Anorganische Funktionsmaterialien<br>(Prof. Fischer)         | V                 | 45 h                                | 45 h                                     | P        | 3   |
| b. Lab Course Inorganic Functional Materials<br>(Prof. Fischer) | Pr                | 75 h                                | 45 h                                     | P        | 5   |

**Turnus/rotation** a. Jedes SS  
b. Jedes SS

**Dozenten/teachers** Die Dozenten der Fakultät für Chemie

**Modulverantwortlicher / responsible person** Prof. Dr. Anna Fischer

**Sprache/language** Deutsch

**Voraussetzungen/ requirements** Keine

**Lernziele/goals** In diesem Modul sollen die Studierenden mit der praktischen Durchführung typischer Materialsynthesen vertraut gemacht werden. Auch die Charakterisierung der synthetisierten Materialien soll eine zentrale Rolle in diesem Modul einnehmen, um somit das in der Vorlesung erlangte theoretische Wissen an konkreten Beispielen in die Praxis umsetzen.

**Lehrinhalt/contents** a. Anorganische Funktionsmaterialien (Prof. Fischer), 08LE05V-ID010321  
In dieser Veranstaltung soll ein Überblick über das Themengebiet der anorganischen Funktionsmaterialien – Synthese, Charakterisierung, Anwendung – vermittelt werden. Es sollen verschiedene Typen an Funktionsmaterialien vorgestellt werden mit dem Ziel Struktur-Funktions-Korrelationen zwischen Zusammensetzung, Kristallinität, Nanostruktur, Mikrostruktur und finaler Funktion zu identifizieren. Darüber hinaus sollen Synthesekonzepte eingeführt werden, die es ermöglichen maßgeschneidert Nanostrukturen zu synthetisieren. So sollen Synthesewege zu nanopartikulären Systemen, Dünnschichtsystemen und porösen Systemen vorgestellt werden. Alle eingeführten Konzepte werden an ausgewählten Beispielen im Bereich der Katalyse- und Energieforschung verdeutlicht.

b. Praktikum Inorganic Functional Materials (Prof. Fischer), 08LE05P-ID010308  
In diesem Praktikum sollen die vorgestellten Synthesekonzepte und Charakterisierungsmethoden, welche in der Vorlesung vorgestellt worden sind, konkret eingesetzt werden. So sollen in einem „bottom-up“ Ansatz funktionale Multikomponent-Systeme im Labormaßstab hergestellt werden und deren Funktion getestet werden. Ein besonderer Fokus liegt hierbei auf der Synthese von nanostrukturierten Systemen und deren Anwendungen in der

Katalyse bzw. Elektrokatalyse. Hierbei werden die erlernten Charakterisierungsmethoden wie Röntgenbeugung, Schwingungsspektroskopie, NMR, Physisorption und Elektronenmikroskopie eingesetzt, um die synthetisierten Materialien im Detail zu charakterisieren.

**Studien- und  
Prüfungsleistungen/  
exams**

PL: schriftlich und/oder mündlich und/oder praktisch

**Modul/module Engineering of Functional Materials / Funktionswerkstoffe für Ingenieur Anwendungen**

??08LE05MO\_88|633|088|-|0|2017\_Engineer

**Fach/department:** Technische Fakultät  
**Empfohlenes Semester/ recommended semester:** 2. FS 6 ECTS CP

| Lehrveranstaltungen/units   | Lehrform/Type | Kontaktzeit/Workload contact | Selbststudium/Workload self-study | P/WP | SWS |
|---|---------------|------------------------------|-----------------------------------|------|-----|
| a. Technische Funktionswerkstoffe (Prof. Balle) 11LE50V-xxxx          | V             | 28 h                         | 56 h                              | P    | 2   |
| b. Lab Course Engineering Materials and Testing Methods, 11LE50P-xxxx | Pr            | 22 h                         | 68 h                              | P    | 2   |

**Turnus/rotation** a. Jedes SS  
b. Jedes SS

**Dozenten/teachers** Die Dozenten der Technischen Fakultät

**Modulverantwortlicher / responsible person** Prof. Dr.-Ing. Frank Balle

**Sprache/language** Deutsch

**Voraussetzungen/ requirements** Keine

**Lernziele/goals** In diesem Modul sollen die Studierenden werkstoffkundliche Grundlagen auffrischen bzw. vertiefen, um Ingenieurwerkstoffe für technische Anwendungen bewerten zu können. Sie sind somit in der Lage, relevante Anforderungsprofile für technische Funktionswerkstoffe zu formulieren und hinsichtlich deren Wichtigkeit zu priorisieren. Sie lernen wichtige Prozesse und Verarbeitungsverfahren für Ingenieurwerkstoffe inkl. den Vor- und Nachteilen ausgewählter technischer Funktionswerkstoffe und sind in der Lage, Möglichkeiten zur gezielten Beeinflussung (multi-) funktionaler Werkstoffeigenschaften zu erläutern. Die theoretischen Inhalte werden durch praktische Versuche flankiert und vertieft.

**Lehrinhalt/contents** a. Technische Funktionswerkstoffe – Vorlesung 11LE50V-xxxx

Die Veranstaltung baut auf den materialwissenschaftlichen Grundlagen zum Aufbau der Struktur und den resultierenden Eigenschaften von Ingenieurwerkstoffen auf. Anschließend werden ingenieurwissenschaftliche Anforderungen an Technische Funktionswerkstoffe erarbeitet – insbesondere im Hinblick auf Nachhaltigkeitsaspekte. Es werden ausgewählte Werkstoffsysteme in Bezug auf deren Hauptanforderungen besprochen wie Werkstoffe mit Leitfunktion, Isolierfunktion, magnetischen und dielektrischen Funktionen. Darüber hinaus werden technisch relevante Prozesse für Ingenieurwerkstoffe mit spezifischem Anforderungsprofil vorgestellt. Dieser Themenkomplex umfasst Lehrinhalte und Anwendungsszenarien von Funktionswerkstoffen bzw. Funktionsschichten hinsichtlich Korrosionsschutz, Oxidationsschutz und Verschleißschutz als auch Werkstoffe zur Fertigungs- und Bearbeitungstechnik sowie Verbindungstechniken für Technische Funktionswerkstoffe. Im letzten Teil der Vorlesung werden multifunktionale

Werkstoffkonzepte, zumeist auf Basis von Verbundwerkstoffen oder hybriden Werkstoffen bzw. Strukturen behandelt, die neben strukturellen Vorteilen insbesondere verschiedene Funktionen in einem System vereinen.

b. Lab Course Engineering Materials and Testing Methods

11LE50P-xxxx

Das Praktikum greift ausgewählte Themen und vorgestellte Methoden zur Charakterisierung, Bewertung und auch Verarbeitung von Ingenieurwerkstoffen auf und wird begleitend zur Vorlesung "Technische Funktionswerkstoffe" angeboten. Die Studierenden haben die Möglichkeit, forschungs- und anwendungsrelevante Werkzeuge und Methoden praktisch kennen zu lernen, um den theoretischen Hintergrund zu untermauern.

Das Praktikum setzt sich aus verschiedenen Einzelversuchen zusammen, zu deren Vorbereitung jeweils eine Einführungsveranstaltung angeboten wird. Zu Beginn jedes Versuches findet ein mündliches Kolloquium statt, um die notwendigen Grundlagen zur Versuchsdurchführung abzufragen. Dieses Kolloquium muss von allen Teilnehmern bestanden werden, um am Versuch erfolgreich teilnehmen zu dürfen. Es besteht die Möglichkeit maximal 2 Versuche zu wiederholen. Das Praktikum gilt als bestanden, wenn alle max. 8 Versuche erfolgreich absolviert wurden.

**Studien- und  
Prüfungsleistungen/  
exams**

PL: schriftlich und/oder mündlich und/oder praktisch:  
Schriftliche oder mündliche Klausur; zur Teilnahme muss das begleitende Praktikum (Lab Course Engineering Materials and Testing Methods) bestanden sein.

# Modul/module Lab Course Engineering / Methodenpraktikum

Fach/department:

Institut für Mikrosystemtechnik

Empfohlenes Semester/  
recommended semester:

2. FS

6 ECTS CP

| Lehrveranstaltungen/units                        | Lehrform/Type | Kontaktzeit/Workload contact | Selbststudium/Workload self-study | P/WP | SWS |
|--|---------------|------------------------------|-----------------------------------|------|-----|
| a. Vorlesung (Dozenten der Technischen Fakultät) | V             | 15 h                         | 15 h                              | P    | 1   |
| b. Methodenpraktikum<br>11LE50PÜ-FM              | Pr            | 75 h                         | 75 h                              | P    | 5   |

**Modulverantwortlicher /responsible person** Prof. Dr.-Ing. Frank Balle

**Dozenten/teachers** Die Dozenten der Technischen Fakultät

**Turnus/rotation** a. SS  
b. SS

**Sprache/language** Deutsch

**Voraussetzungen/requirements** Keine

**Lernziele/goals** Die Studierenden sollen Eigenschaften von Funktionsmaterialien und deren physikalische Phänomene im Experiment kennen lernen, des weiteren Abläufe von MST-typischen Herstellverfahren, Vorgehen bei der Analyse von Materialeigenschaften und der Device-Charakterisierung, sowie den Umgang mit sehr kleinen Proben erlernen. Ferner sollen die Studierenden das Erlernte in Zusammenhang setzen können zur Theorie im Studium.

**Lehrinhalt/contents**

a. Vorlesung  
Einführung in den Versuch

b. Methodenpraktikum  
In diesem Praktikum werden den Studierenden theoretische sowie praktische Aspekte von grundlegenden Phänomenen der in der Mikrosystemtechnik gebräuchlichen Funktionsmaterialien anhand von selbst durchgeführten Experimenten vermittelt. Der Fokus der Veranstaltung liegt auf der Anwendung von Funktionsmaterialien als mikrotechnisches "Device". Das Praktikum wird als Ringveranstaltung an unterschiedlichen Lehrstühlen des IMTEK durchgeführt. Das Spektrum an Versuchen vermittelt Methoden zur Herstellung und Charakterisierung elektro-mechanischer, bionischer und chemischer Funktionsmaterialien für Sensorsysteme.

**Studien- und Prüfungsleistungen/exams** PL: schriftlich und/oder mündlich und/oder praktisch:  
Versuchsprotokolle

**Modul/module      Extension Field / Ergänzungsbereich**

08LE05MO\_88|633|088|-|0|2017\_Ergänz

**Fach/department:**      **Chemie und Technische Fakultät****Empfohlenes Semester/**      **1. und 2. FS****21 ECTS CP****recommended semester:**

| <b>Lehrveranstaltungen/units</b>  | <b>Lehrform/Type</b> | <b>Kontaktzeit/Workload contact</b> | <b>Selbststudium/Workload self-study</b> | <b>P/WP</b> | <b>SWS</b> |
|---|----------------------|-------------------------------------|--|-------------|------------|
| <b>a. Polymer Characterization (1 ECTS)</b>   | V                    | 15 h                                | 15 h                                     | <b>P</b>    | 1          |
| b. MST technologies & processes (5 ECTS)  | V(+Ü)                | 64 h                                | 86 h                                     | WP          | 3          |
| c. Makromolekulare Chemie I (6 ECTS)  | V+Ü                  | 60 h                                | 60 h                                     | WP          | 3+1        |
| d. Keramiken, Metalle, Polymere (4 ECTS)  | V+Ü                  | 45 h                                | 75 h                                     | WP          | 2+1        |
| e. Elektrochemische Methoden für Ingenieure (3 ECTS)  | V                    | 30 h                                | 60 h                                     | WP          | 2          |
| f. Biomaterialien (3 ECTS)  | V                    | 45 h                                | 45 h                                     | WP          | 3          |
| g. Thermoelektrik (3 ECTS)  | V                    | 45 h                                | 45 h                                     | WP          | 3          |
| h. Biofunktionelle Materialien - für medizinische Mikrosystemtechnik und Gesundheitsvorsorge (3 ECTS) | S                    | 28 h                                | 32 h                                     | WP          | 2          |
| i. Bioinspirierte Funktionsmaterialien (3 ECTS)   | V                    | 28 h                                | 62 h                                     | WP          | 2          |
| j. Materials Selection and Sustainable Development for Mechanical Engineering (6 ECTS)                | V+Ü                  | 56 h                                | 124 h                                    | WP          | 2+2        |
| k. Bioaktive Polymeroberflächen (3 ECTS)  | V                    | 32 h                                | 58 h                                     | WP          | 2          |
| l. Festkörperphysik für MST (6 ECTS)  | V+Ü                  | 45 h                                | 135 h                                    | WP          | 2+1        |
| m. Organische Chemie IV (3 ECTS)  | V+Ü                  | 45 h                                | 45 h                                     | WP          | 2+1        |
| n. Sensors / Sensorik und Aktorik (5 ECTS)  | V+P                  | 60 h                                | 90 h                                     | WP          | 3+1        |
| <b>o. Angewandte Festkörperchemie (3 ECTS)</b>  | V                    | 30 h                                | 60 h                                     | <b>P</b>    | 2          |
| <b>p. Oberflächenanalyse / Surface Analysis (3 ECTS)</b>  | V                    | 30 h                                | 60 h                                     | <b>P</b>    | 2          |
| q. AC V, Festkörperchemie I (3 ECTS)  | V                    | 30 h                                | 60 h                                     | WP          | 2          |
| r. Werkstofftechnologien (4 ECTS)   | V+Ü                  | 45 h                                | 75 h                                     | WP          | 3          |
| s. Functional polymers for sustainable development (3 ECTS)   | V                    | 30 h                                | 60 h                                     | WP          | 2          |
| t. Elektroanalytische Chemie (1 ECTS)   | V                    | 15 h                                | 15 h                                     | WP          | 1          |
| u. Organische Chemie V: C-C-Verknüpfungen für Fortgeschrittene (3 ECTS)                               | V                    | 30 h                                | 60 h                                     | WP          | 2          |
| v. Nanotechnologie (3 ECTS)   | V                    | 30 h                                | 60 h                                     | WP          | 2          |
| w. Elektrochem. Energieanwendungen: Li-Ionen-Batterien und Brennstoffzellen (3 ECTS)                  | V                    | 28 h                                | 62 h                                     | WP          | 2          |
| x. Organische Chemie an der TF (3 ECTS)   | V                    | 32 h                                | 58 h                                     | WP          | 2          |
| y. Allgemeine und Anorganische Chemie (AAC) (7 ECTS)  | V+Ü                  | 75 h                                | 135 h                                    | WP          | 5          |
| Weitere Veranstaltungen im Ergänzungsbereich nach Rücksprache mit den Modulverantwortlichen           |                      |                                     |  |             |            |

**Modulverantwortlicher / responsible person**      Prof. Dr. Anna Fischer**Dozenten/teachers**      Dozenten der Fakultät für Chemie und der Technischen Fakultät**Turnus/rotation**      a, b, d-h, j-n, x, y: WS // c, v, w: WS+SS // i, o-u: SS**Sprache/language**      Deutsch/Englisch**Voraussetzungen/requirements**      Aus der oben genannten Liste für Lehrveranstaltungen sind in Absprache mit der Studiengangleitung mindestens 21 ECTS Punkte zu

erbringen. Hierbei muss sichergestellt sein, dass keine Veranstaltungen belegt werden, die inhaltlich äquivalent zu Modulen/ Veranstaltungen des Erststudiums sind.

## **Lernziele/goals**

Entsprechend der Definition des Ergänzungsbereichs sind die Lernziele spezifisch zu sehen:

- Für Studierende mit materialspezifischer Vorbildung der Erwerb des grundlegenden Verständnisses der Chemie
- Für Studierende mit chemischer Vorbildung der Erwerb des grundlegenden Verständnisses der Werkstoffwissenschaften und Mikrotechnologien

## **Lehrinhalt/contents**

### **a. Polymer Characterization (Ringvorlesung)**

**08LE05V-ID050032**

Die Veranstaltung wird als Ringvorlesung mit wechselnden Dozenten angeboten und umfasst alle Bereiche, in denen Funktionspolymere bei der Umwandlung und Einsparung von Energie eine wichtige Rolle einnehmen. Es werden Themengebiete wie die organische Photovoltaik, Polymer- und biobasierte Brennstoffzellen, Thermoelektrik, Superkondensatoren, elektrische Isolierstoffe, und Polymerbatterien behandelt.

### **b. MST technologies & processes (Prof. Müller) 11LE50V-7250**

Die Veranstaltung startet mit einer kurzen Einführung in die Materialeigenschaften von Silizium sowie einer Einführung in die Reinraum- und Vakuumtechnik. Darauf aufbauend werden elementare Dünnschichtprozesse wie Oxidation, Dotierung, Physical Vapor Deposition (PVD) und Chemical Vapor Deposition (CVD) behandelt. Diese Standardprozesse der Mikrosystemtechnik werden ergänzt um die ausführliche Diskussion der Lithographie sowie der Ätzverfahren zur Strukturierung von Silizium.

### **c. MC I: Grundlagen der Makromolekularen Chemie (Prof. Shastri)**

**08LE05MO-Makro1**

Polymersynthesen: Molekulargewicht und Molekulargewichtsverteilung von Polymeren, Stufenreaktionen, Kettenreaktionen (radikalisch, anionisch, kationisch), Lebende Polymerisationen, Thermodynamik – Ceiling-Temperatur, Biosynthesen, Polyinsertion, Stereospezifische Polymerisation, Polymeranaloge Umsetzung, Copolymerisation, Polymere in Lösung und Polymeranalytik: Konformation, Modelle, Mischungsthermodynamik, Phasendiagramme, Polymeranalytik (kolligative Eigenschaften; Viskosimetrie; GPC; Ultrazentrifuge; Lichtstreuung); Polymere im festen Zustand: Polymeranalytik- und -verarbeitung, Werkstoffeigenschaften, Schmelz- und Glasübergangstemperatur, Kristallinität, Polymeranalytik, Kautschukelastizität, Viskoelastizität, Rheologie und Kunststoffverarbeitung.

Literatur: B. Tieke, Makromolekulare Chemie

### **d. Keramiken, Metalle und Polymere (Prof. Hanemann)**

**11LE50MO-630**

Inhalte:

- Einführung (Besonderheiten und Bedeutung von Werkstoffen in der Mikrosystemtechnik)
- Wiederholung wichtiger Grundlagen zur Thermodynamik und Kinetik mit Beispielen zu Zustandsdiagrammen und zur Diffusion
- Polymere (Polymerisation, Aufbau, Eigenschaften, Formgebung, Anwendungen in der Mikrosystemtechnik)
- Keramiken (Aufbau, Strukturkeramiken, Funktionskeramiken, Ferroelektrika, Piezoelektrika für Aktor- & Sensoranwendungen, Verfahren der Pulvertechnologie)
- Metalle (Herstellung, Anwendungsbeispiele, Galvanof ormung)
- Bimetalle und Formgedächtnislegierungen mit Anwendungsbeispielen

- Weich- und Hartmagnetische Werkstoffe, Magnetostriktion
- Werkstoffe für die Datenspeicherung

Literatur: Begleitend zur Vorlesung wird ein Skript zur Verfügung gestellt und regelmäßig aktualisiert. Weiterhin werden Handzettel der Vorlesungsfolien elektronisch zur Verfügung gestellt.

Zum Selbststudium wird die Lektüre folgender Bücher empfohlen:

- Askeland, Donald R., Materialwissenschaften: Grundlagen, Übungen, Lösungen / - Heidelberg [u.a.] : Spektrum, Akademischer Verlag, 1996.
- Goodhew, Peter J., Materials science on CD-ROM : an interactive learning tool for students ; Version 2.1 für Microsoft Windows and Macintosh / 2. Auflage - London [u.a.] : Chapman & Hall, 1998.
- Schaumburg, Hanno [Hrsg.]: Werkstoffe / Stuttgart Teubner, 1990, 398 S., Reihe: Werkstoffe und Bauelemente der Elektrotechnik.
- James F. Shackelford, Werkstofftechnologie für Ingenieure: Grundlagen - Prozesse - Anwendungen, 6., überarbeitete Auflage, München Pearson.
- Callister, William D.: Materials science and engineering: an introduction / 5. Auflage. New York ; Weinheim [u.a.] : Wiley, 2000.
- Kittel, Charles, Einführung in die Festkörperphysik, 14. Auflage 2006, Oldenbourg Verlag.
- Ivers-Tiffée, Ellen, von Münch, Waldemar: Werkstoffe der Elektrotechnik / 10. Auflage - Stuttgart Teubner, 2007.
- Moulson, A. J.; Herbert, John M., Electroceramics: materials, properties, applications / London [u.a.]: Chapman & Hall, 1995.

### **e. Elektrochemische Methoden für Ingenieure / Electrochemical Methods for Engineers (Dr. Kieninger) 11LE50MO-5719**

Inhalte:

- Electrochemical theory (cells, electrodes, fundamental equation and concepts)
- Instrumentation (focus on the interplay between electrochemistry and electronics/data acquisition), equipment (electrodes, cells), and electrolytes
- Classical methods (potentiometry, amperometry, CV, DPV, SWV, HDME, RDE, RRDE)
- Electrochemical impedance spectroscopy (EIS)
- Selected aspects: Material science (corrosion, hierarchical micro-/nanostructures)
- Selected aspects: Microtechnology (electrodeposition, failure mechanism)
- Selected aspects: Microsystems (electrochemical sensors and actuators)
- Selected aspects: Energy application (fuel cells, batteries, super caps)

Literatur:

- Bard, Faulkner: Electrochemical Methods – Fundamentals and Applications, 2nd ed., 2001, Wiley, library: SB/I.1/1
- Hamann, Hamnett, Vielstich: Electrochemistry, 2nd ed., Wiley-VCH 2007, library: SB/H.2/13
- Zoski: Handbook of electrochemistry, 1st ed., Elsevier, 2007, available as ebook (campus license)

### **f. Biomaterialien (Prof. Stieglitz) 11LE50MO-740**

Die Vorlesung stellt Definitionen zur Beschreibung und Prüfung von Biomaterialien vor. Sie vermittelt Aufbau und Anwendungen von verschiedenen Biomaterialien. Anhand von ausgewählten Beispielen werden Hinweise zur Konstruktion von Implantaten gegeben und Gebrauchseigenschaften von Biomaterialien diskutiert. Im Einzelnen

gliedert sie sich in die folgenden Themen auf:

Grundlagen:

- Definitionen und Eigenschaften: Biomaterialien, Biokompatibilität, Biofunktionalität
- Grundlagen zum biologischen System
- Grundlegende Mechanismen an der Material-Gewebe-Schnittstelle
- Einteilung der Biomaterialien bezüglich Gewebereaktion und Materialklassen

Prüfverfahren:

- Prüfverfahren zur Charakterisierung von Biomaterialien
- Biokompatibilitätsprüfung
- Evaluation von Biomaterialien

Ausgewählte Materialklassen für Biomaterialien:

- Metalle
- Keramische Werkstoffe
- Polymere
- Verbundwerkstoffe
- Bioresorbierbare Werkstoffe

Ausgewählte Implantate:

- Stents
- Gelenk-Endoprothesen
- Bandscheibenersatz
- Osteosynthesysteme
- Zahnimplantate
- Intraokularlinsen

Abschließend werden die Themen zusammengefasst, um die Prüfungsvorbereitung zu erleichtern.

Empfohlene Voraussetzung: Grundlagenkenntnisse in Naturwissenschaften.

Literatur: Begleitend zur Vorlesung wird ein Skriptum zur Verfügung gestellt und regelmäßig aktualisiert.

Weiterführende Literatur: Erich Wintermantel, Suk-Woo Ha (Hrsg.): Biokompatible Werkstoffe und Bauweisen. 3. Auflage, Berlin, Heidelberg: Springer, 2002. (Die 4. Auflage kann auch benutzt werden, geht allerdings weit über den Fokus der LVA hinaus)

### **g. Thermoelektrik (Prof. Wöllenstein) 11LE50MO-5715**

Ziel ist die Vermittlung der physikalischen, chemischen, elektrischen Funktionsweise thermoelektrischer Bauelemente und Systeme. Dabei werden aufbauend auf den vermittelten Grundlagen typische Materialsysteme, Modultechnologien und Anwendungen vorgestellt. Die Studierenden sollen den Zusammenhang zwischen der Wirkungsweise, Modul- und Systemdesign, Fertigungsprozessen und dem Einsatz thermoelektrischer Systeme wie Thermogeneratoren, Peltier-Elemente und Thermocouples erlernen.

Thermoelektrische Anwendungen finden sich in der Temperaturmesstechnik, der Kalorimetrie, der Detektion von Strahlung, der Kühl- und Heiztechnik und der direkten Konversion von Wärmeenergie in elektrischer Energie, den Thermogeneratoren. In der Vorlesung wird ein grundlegendes Verständnis thermoelektrischer Effekte vermittelt und deren Abhängigkeit von verschiedenen Materialeigenschaften wie zum Beispiel Seebeck- und Peltier-Koeffizient, elektrische Leitfähigkeit und Wärmeleitfähigkeit abgeleitet.

Es werden verschiedene Materialsysteme, die sich für die Thermoelektrik besonders eignen, vorgestellt und im Hinblick auf typische Anwendungen bewertet. Der Stand der Technik in der Umsetzung dieser verschiedenen thermoelektrischen Materialien in Module und Systeme wird vorgestellt. Anhand typischer Anwendungsbeispiele werden Modellierung und Entwurf thermoelektrischer Module erörtert.

Literatur: Begleitend zur Vorlesung werden die verwendeten Folien zur Verfügung gestellt.

### **h. Biofunktionelle Materialien - für medizinische Mikrosystem-technik und Gesundheitsvorsorge (Dr. Asplund) 11LE50S-5323**

The topics are presented in seminar form and oriented around examples of existing biomedical applications where tailored materials functionality is essential e.g. cardiovascular devices, dental implants, catheters, tissue engineering scaffolds and neural interfaces. Fundamental knowledge in terminology, as well as the basics of the biological interaction with implanted surfaces (foreign body response) will be given in the initial seminars.

The seminars are a combination of traditional lectures (80%) and discussions (20%). The students are expected to take active part in the discussions which will be based on homework assignments to be prepared before the seminar. The preparations will be evaluated in a combination of oral and written assignments.

For each example application the following questions will be in focus:

- The purpose(s) of functionalization for this application.
- The most common methods used to accomplish such functionalization.
- Where the field stands in terms of commercialization of such techniques in relation to where the actual research frontier stands.
- Which process considerations that are the most important within the given field.
- Which methods that should be used to evaluate the functionality.

Furthermore the course addresses suitable techniques for micro-fabrication and sterilization related to biofunctional surfaces and materials.

### **i. Bioinspirierte Funktionsmaterialien (Jun.-Prof. Osorio)**

**11LE50V-5125**

In dieser Veranstaltung wird den Studierenden das fundamentale Wissen über Struktur und Funktionalität von biologischen Materialien vermittelt, um dieses Beziehungsverhältnis bei der Entwicklung bioinspirierter Biomaterialien anzuwenden. Am Ende sollten die Studierenden den Zusammenhang zwischen Mikrostruktur und Eigenschaften von Biomaterialien verstanden haben und diesen beschreiben und entsprechend einordnen können. Die Veranstaltung soll dazu dienen, den Studierenden experimentelle Anwendungssicherheit in den Methoden der Mikrostrukturcharakterisierung und Eigenschaften von biologischen und künstlich entwickelten bioinspirierten Materialien, sowie den theoretischen Hintergrund der verwendeten Methoden zu vermitteln. Die Studierenden sollen die Physiko-chemie der Herstellungsverfahren der verschiedenen im Kurs behandelten bioinspirierten Materialien verstehen.

Lehrinhalt:

- Organisch-basierte biologischen Materialien. Hierarchische Struktur und Funktionalität
- Mineralisierte biologischen Materialien. Hierarchische Struktur und Funktionalität
- Fortgeschrittene Methoden zur Charakterisierung von Mikrostruktur und Eigenschaften bioinspirierter Materialien (physikalische Chemie der Materialien und Materialphysik: mechanische Untersuchungen; Streumethoden SAXS und WAXS zur Mikrostrukturcharakterisierung; Spektroskopische Techniken zur Charakterisierung der chemischen Struktur). Aufstellen von Struktur-Eigenschaftsbeziehungen von Biomaterialien
- Beispiele der Präparationsmethoden für bioinspirierte Materialien. Physiko-chemische Optimierung der Herstellungsprozesse
- Zusammenhang zwischen Herstellungsparametern, Struktur und Eigenschaften in bioinspirierten Materialien
- Beispiele von bioinspirierten Materialien für Technologie und biomedizinische Anwendungen

**j. Materials Selection and Sustainable Development for Mechanical Engineering (Prof. Balle) 11LE68MO-4220**

The selection of the right material is of central importance for the success of a product. The number of available materials is enormous and is constantly increasing due to innovations, research and development combined with changed and improved property profiles. So the selection of engineering materials is a dynamic process that can be of decisive importance for the success of a product or entire company.

Following topics will be discussed:

- Introduction and Motivation for Materials Selection and Sustainable Engineering
- The Families of Engineering Materials and their Properties
- Selected Concepts for Materials Selection in Mechanical Design
- Materials Property Charts and Material Indices
- Multiple Constraints and Conflicting Objectives for Materials Selection
- Materials and their Shape
- Hybrid Materials and Structures
- Industrial Design and the World of Processes
- Materials and the Environment
- Sustainability for Engineering Applications – the Ultimate Challenge?!
- Corresponding Case Studies (during the exercises)

Literature:

- M. F. Ashby: Materials Selection in Materials Design. 5th edition, Elsevier Verlag, 2017
- M. F. Ashby, A. Wanner (Hrsg.) C. Fleck (Hrsg.): Materials Selection in Mechanical Design: Das Original mit Übersetzungshilfen. Easy-Reading-Ausgabe, 3. Aufl., Spektrum Akademischer Verlag, 2006
- M. Reuter: Methodik der Werkstoffauswahl – Der systematische Weg zum richtigen Material. Hanser Verlag, 2. Auflage, 2014
- J. M. Allwood, J. M. Cullen: Sustainable Materials – without the hot air. UIT Cambridge, 2015
- M. F. Ashby: Materials and Sustainable Development. Elsevier-BH Verlag, 2016
- M. F. Ashby: Materials and the Environment. Elsevier-BH Verlag, 2013
- K. G. Budinsky and M.K. Budinsky : Engineering Materials, Properties and Selection. 6th edition, Prentice Hall, London, UK, 1999
- M. Kutz: Handbook of Materials Selection. John Wiley & Sons, New York, USA, 2002
- M. Bonnet: Kunststoffe in der Ingenieur Anwendung. Vieweg-Teubner Verlag, 2009
- H. J. Maier, T. Niendorf, R. Bürgel: Handbuch Hochtemperatur-Werkstofftechnik. Springer-Vieweg-Verlag, 2015
- J. Shackelford: Introduction to Materials Science for Engineers. Pearson Verlag, 2009

**k. Bioaktive Polymeroberflächen / Bioactive Polymer Surfaces (PD Dr. Lienkamp) 11LE50V-5321/(5322)**

Inhalte:

- Surface properties
- Synthesis of functional polymer surfaces: non-covalent and covalent attachment, coating of surfaces with polymers, microstructuring of polymer surfaces
- Interaction of polymer surfaces with biomolecules and cells
- antimicrobial, protein-resistant and antifouling polymer surfaces, DNA immobilization on surfaces, DNA origami, immunoactive polymer surfaces, etc.
- special applications

## **I. Festkörperphysik für MST (Prof. Paul) 11LE50MO-130**

Die Teilnehmer erarbeiten sich ein grundlegendes Verständnis wichtiger Phänomene der festen Materie. Sie lernen die Struktur und Stabilität der Materie genauso wie ihre thermischen, elektrischen und magnetischen Eigenschaften verstehen. Die Studierenden lernen mit den theoretischen Konzepten quantitativ, d.h. rechnerisch, umzugehen. Sie entwickeln ein Gefühl für die Anwendung der Eigenschaften der Materie im mikrosystemtechnischen Kontext. Sie werden durch die Lehrveranstaltung auf die nachfolgenden materialwissenschaftlichen Lehrveranstaltungen (Halbleiter, Werkstoff-technologien sowie Keramiken, Metalle, Polymere) des Studiengangs Mikrosystemtechnik vorbereitet.

Inhalt:

1. Kristallgitter: Atomaufbau der Materie, Bravais-Gitter, Basis, Wigner-Seitz-Zelle, primitive Zelle, Kristallsysteme Symmetrien, kubische Gitter, Gitterebenen, Miller-Indizes
2. Strukturaufklärung: Wellen für die Strukturaufklärung, reziprokes Gitter, Beugungsbedingungen, Brillouin-Zonen, experimentelle Methoden: Laue-, Drehkristall- und Pulvermethode
3. Bindungsverhältnisse in Kristallen: Bindungsenergie, Edelgasatomkristalle, Ionenkristalle, kovalente, metallische und Wasserstoff-Bindung, Kompressibilität, Elastizitätsmodul
4. Gitterschwingungen und thermische Eigenschaften der Kristalle: Kristall als Federmodell, longitudinale und transversale Schwingungsmoden in Kristallen, Schallwellen, Phononen, Phononendispersionen, Planckverteilung, Zustandsdichte, phononische spezifische Wärme, Einstein- und Debye-Modelle, Wärmeleitfähigkeit.
5. Elektronen im Kristall: Schrödingergleichung und Blochzustände phänomenologisch, quasifreie Elektronen, Fermi-Verteilung und -Fläche, Zustandsdichte, Wärmekapazität und elektrische Leitfähigkeit quasifreier Elektronen, spezifischer Widerstand, Matthiessen-Regel, stark gebundene Elektronen, Bänder, Bandlücken, Halbleiter, Donatoren und Akzeptoren, n- und p-Halbleiter, Leitfähigkeit der Halbleiter, optische Eigenschaften von Halbleitern.
6. Magnetismus: Magnetisches Moment, Dia-, Para- und Ferromagnetismus, Larmor-Diamagnetismus, Langevinsche Theorie des Paramagnetismus, Ferromagnetismus wechselwirkender Dipole, Bandferromagnetismus phänomenologisch.

In den Übungen werden die vorgelesenen Inhalte wöchentlich und synchron mit den Vorlesungen vertieft. Die Studierenden gewinnen dabei auch einen quantitativen Blick auf die in der Vorlesung dargebotenen oft theoretischen Betrachtungen.

Durch die Übungen gewinnt man die Zulassung zur Prüfung, wenn man als Teilnehmer oder Teilnehmerin

- Zwei Drittel (66.666%) der Aufgaben im Lauf des Semesters bearbeitet hat. Dies wird durch Ankreuzlisten und gelegentliches Einsammeln der Übungen festgehalten bzw. überprüft.
- Zusätzlich muss der Teilnehmer bzw. die Teilnehmerin eine repräsentative Anzahl von Lösungen vor den anderen TeilnehmerInnen vorgerechnet haben. Diese repräsentative Anzahl ergibt sich als Quotient der Gesamtanzahl der Aufgaben während des Semesters und der Anzahl der ÜbungsteilnehmerInnen in der Übungsgruppe.

Wird festgestellt, dass eine angekreuzte Aufgabe nicht vorgerechnet werden kann oder in den eingesammelten Übungsblättern nicht bearbeitet wurde, gilt dies als Täuschung und man verliert den Anspruch auf Zulassung.

Literatur: Parallel zur Vorlesung wird ein Skript mit dem Präsentationsmaterial zur Verfügung gestellt.

C. Kittel, Einführung in die Festkörperphysik, 2005, Oldenbourg

H. Ibach / H. Lüth, Einführung in die Festkörperphysik, 2002, Springer

K. Kopinsky / P. Herzog, Festkörperphysik - Einführung in die Grund-

lagen, 2004, Teubner

Weiterführend: N. W. Ashcroft / N. D. Mermin: Festkörperphysik, 2005, Oldenbourg

**m. Organische Chemie IV: Ausgewählte Aromaten und Heteroaromaten (Prof. Esser/Brückner) 08LE05V-ID020020**

Inhalte:

Nach Einführung der Hückel-Regel werden die Eigenschaften und Synthese verschiedener aromatischer und heteroaromatischer Systeme besprochen, sowie die Anwendung dieser Substanzklassen in der Wirkstoff-Forschung.

**n. Sensors / Sensorik und Aktorik (Prof. Urban) 11LE50MO-7500 (/986)**

The lecture Sensors gives an overview about methods and technologies creating sensors and actuators focussing on micro-technology. In the lecture, an introduction in basics of sensor principles is given starting with bionic principles, thermodynamics as sensor theory and also close insights into industrial sensors and production technologies are provided. Emphasis is laid on micro technological technologies and methods.

The lecture covers physical sensors as temperature, radiation, force, pressure and gear rate. Also magnetic sensors, optical sensors and position and angular arte sensors are presented. The very actual topics of chemo-, gas- and biosensors complete the lecture.

Additionally electronic interfaces, linearization procedures and applications will be communicated.

Examples of university and industrial environment will be demonstrated and the problems occurring in real life discussed.

Die Vorlesung gibt einen Überblick über Methoden und Technologien zur Realisierung von Sensoren mit dem Fokus auf Mikrotechnologie. Beginnend mit den Grundlagen der Sensorik werden bionische Prinzipien und die Sensortheorie basierend auf der Thermodynamik gelehrt. Der Inhalt umfasst die wichtigsten physikalischen Sensoren zur Messung von Temperatur, Strahlung, Kraft, Druck, Beschleunigung und Drehrate. Weiter werden Strömungs-, magnetische und Weg-/Winkelsensoren präsentiert. In jedem Kapitel werden elektronische Schnittstellenschaltungen und Linearisierungen erläutert mit Schwerpunkt auf industrienaher technologischer Realisierung und Produktion. Mit Beispielen aus der Praxis werden echte Probleme den Studenten nähergebracht.

**o. Angewandte Festkörperchemie (Prof. Hillebrecht) 08LE05V-ID010035**

Entsprechend der technischen Verwendung als z.B. Supraleiter, Magnetika, Thermoelektrika, Magnetokalorika, Dielektrika, Leuchtstoffe, Halbleiter, Ionenleiter, Hochtemperaturwerkstoffe, werden die typischen Verbindungsklassen, Struktur-Eigenschaftsrelationen, Marktvolumina, Verfügbarkeit und Nachhaltigkeit diskutiert.

**p. Oberflächenanalyse / Surface Analysis (Prof. Rühle) 11LE50V-5606-1**

Inhalte:

Die Techniken, die in der Vorlesung behandelt werden, sind in drei Hauptgruppen unterteilt, die Abbildung von Oberflächen (Elektronen Mikroskopie, Rastersonden Techniken), chemische Analysen (XPS, SIMS, FTIR) der Erfassung der Zusammensetzung von Oberflächen und Methoden zur Bestimmung von Schichtdicken (Ellipsometrie, XRR, Oberflächenplasmonenresonanzspektroskopie). Allgemeine Themen wie Haftung, Benetzung und Adsorption werden gemeinsam mit den vorgestellten Techniken behandelt.

The techniques presented are grouped into three general topics which

are imaging of surfaces (electron microscopy, scanning probe techniques), chemical analysis (XPS, SIMS, FTIR) of the composition of surfaces and methods for the determination of thicknesses (Ellipsometry, XRR, Surface Plasmon Spectroscopy) of layers. General topics from the surface sciences such as adhesion, wetting, and adsorption processes are also presented together with the techniques. Literatur: Various materials are available on the website.

**q. Anorganische Chemie V, Festkörperchemie I (Struktur-Eigenschafts-Relationen) (Prof. Hillebrecht)**

**08LE05V-ID010028**

Die Vorlesung beinhaltet grundlegende Struktur- und Bindungskonzepte für anorganische Festkörperverbindungen, deren thermodynamische Stabilität und Defektchemie, sowie Methoden zur Synthese (Festkörperreaktionen) und Einkristallzüchtung. Chemische und elektronische Strukturen werden zu Materialeigenschaften wie elektrische Leitfähigkeit, dielektrische Polarisierung, magnetische und optische Eigenschaften in Beziehung gesetzt. Die zugrunde liegenden physikalischen Phänomene werden kurz erläutert und der Bezug zu strukturbestimmenden Parametern und Stoffeigenschaften hergestellt.

**r. Werkstofftechnologien (Prof. Eberl)**

**11LE50V-610**

Ausgehend von der Beschreibung des inneren Aufbaus werden auch die physikalischen, metallurgischen und chemischen Einflüsse hierauf untersucht. Dazu werden die Prinzipien der Thermodynamik und der Reaktionskinetik herangezogen. Die wesentlichen betrachteten Eigenschaften umfassen die Festigkeit, die elektrische und thermische Leitfähigkeit sowie magnetische Eigenschaften. Darüber hinaus wird noch ein kurzer Einblick in die elektrochemischen Grundlagen der Korrosion gegeben. Die grobe Gliederung:

Einführung

1. Der Aufbau der Werkstoffe, vom Atom bis zum Bauteil, incl. Gitterfehler
2. Thermodynamik und Kinetik von Umwandlungen, einschließlich Diffusion
3. Gefüge und Eigenschaften
4. Eisen- und Stahlwerkstoffe

Nichteisenmetalle

1. Technische Eigenschaften und Festigkeit
2. Moderne Fertigungsverfahren
3. Elektrochemie

**s. Functional polymers for sustainable development (Prof. Mülhaupt)**

**08LE05V-ID050029**

In this course, the ecological aspects of polymers and their key role in sustainable development and the prospects of green economy will be learned. An important objective is to understand how polymers contribute to high resource-, cost- and energy-effectiveness and modern high technologies, meeting the demands of a growing world population. Special focus is placed upon polymer waste recycling, bio-based polymers, renewable resources, polymers with low carbon footprint, and tailored polymers for application in energy-related new technologies.

**t. Elektroanalytische Chemie (Dr. Radtke)**

**08LE05V-ID010040**

Der Kurs richtet sich an Studierende (M.Sc.) und Promovierende der Chemie. Er beinhaltet Analysemethoden der Elektrochemie. Neben grundlegenden theoretischen und praktischen Aspekten der Elektrochemie werden die „klassischen“ (u.a. Potentiometrie, Cyclovoltammetrie, Polarographie) und auch weniger gängige Methoden (z.B. Rasterelektrochemische Mikroskopie) behandelt.

**u. Organische Chemie V: C-C-Verknüpfungen für Fortgeschrittene (Prof. Brückner)** **08LE05V-ID050029**

Die Vorlesung gibt einen Überblick über die gängigen C-C-bildenden Reaktionen. Neben der 1,2-Additionen von Organometallnucleophilen an die Carbonylgruppe werden ausgewählte SN-Typ und SN<sup>1</sup>-Typ Reaktionen mit C-Nucleophilen besprochen. Es werden diverse Synthesemethoden für unterschiedlich große Ringsysteme aufgezeigt. Darüber hinaus werden retrosynthetische Analysen von Strukturen vermittelt.

**v. Nanotechnologie (Prof. Zacharias)** **11LE50V-5106**

After a short introduction in nanotechnology the lecture will start with discussing different size effects from point of physics as well as applications. After that the methods and equipments used for defined growth of nanostructures and nanolayers will be presented and advantages and disadvantages of the various methods will be demonstrated on selected examples. Quantum structures based on III-V semiconductors representing the modern status of optoelectronic LED and laser devices, silicon nanocrystal based structures, nanotubes (carbon, spinel), and photonics crystals are used as example for applications of nanostructures in optics and electronics. In relation to our own research methods for spatially arranged nanowire growth are discussed. The lectures will also include knowledge on the development of nanodevices (memories, nanosensors, nanolaser) and the basic structural, optical and electronic investigation.

**w. Elektrochemische Energieanwendungen: Li-Ionen-Batterien und Brennstoffzellen (Prof. Zengerle)**

**11LE50V-5261**

Electrochemical energy systems such as Li-ion batteries or fuel cells, play a major role in a future emission-free economy. This lecture gives a brief introduction into the basics of electrochemistry and discusses recent developments of Li-ion batteries and hydrogen fuel cells. This includes novel materials, fabrication techniques and characterization methods.

**x. Organische Chemie (Prof. Rühle)** **11LE50V-510**

In der Vorlesung werden zunächst die Grundlagen der organischen Chemie vermittelt. Die Themen in diesem Bereich behandeln die Aufreinigung organischer Substanzen und die chemische Bindung unter dem Aspekt der Atom- und Molekülorbitale.

Weitere grundlegende Aspekte werden dann anhand von Beispielen zusammen mit den wichtigsten Stoffklassen besprochen. Bei den Alkanen wird die geometrische Gestalt, d.h. die Konfiguration und Konformation organischer Moleküle behandelt. Die Halogenalkane dienen der ausführlichen Behandlung nukleophiler Substitutionsreaktionen, Additionen an Alkene und Alkine sind Beispiele für die Bedeutung der Stabilisierung reaktiver Zwischenstufen.

Die außerordentliche Stabilität und die besonderen Eigenschaften ausgedehnter  $\pi$ -Systeme werden anhand der Aromaten besprochen. Die Stoffklassen der Alkohole, der Carbonylverbindungen und der Amine runden diesen Teil der Vorlesung ab.

In einem letzten Kapitel wird ein Ausblick auf die speziellen Eigenschaften und Aufgaben der Naturstoffe gegeben.

**y. Allgemeine und Anorganische Chemie (AAC) (Prof. Hillebrecht / Prof. Krossing)**

**08LE05V-ID010019**

Die Vorlesung beinhaltet Grundlagen der Allgemeinen Chemie wie Atombau, Periodensystem der Elemente, Valenz, Bindungstheorien, Molekülbau, Kristallgitter/Festkörper, Thermodynamik und Kinetik von Reaktionen, Gastheorie, Säure-Base-Reaktionen, Komplexchemie, Redoxreaktionen und Elektrochemie. Darüber hinaus wird die einfache

anorganische Stoffchemie der Haupt- und Nebengruppenelemente behandelt. Neben den inhaltlichen Aspekten werden in gesonderten Seminaren Sicherheitskonzepte den Studierenden vermittelt.

Literatur:

E. Riedel, C. Janiak, Anorganische Chemie, de Gruyter

C. Housecroft, Anorganische Chemie, Pearson

U. Müller, Strukturchemie, Teubner

**Studien- und  
Prüfungsleistungen/  
exams**

Es müssen mindestens 21 ECTS Punkte erworben werden.

PL: Die in den belegten Lehrveranstaltungen zu erbringenden Prüfungsleistungen gelten als unselbständige Teile der Modulabschlussprüfung für das jeweilige Modul. Die Note der Modulabschlussprüfung errechnet sich als der nach ECTS-Punkten gewichtete Durchschnitt der Noten dieser Prüfungsteile.

Die Art der Prüfung wird jeweils von den Dozenten der jeweiligen Veranstaltungen festgelegt sowie das Prüfungsergebnis an das Prüfungsamt weitergeleitet.

|  |  |                              |
|--|--|------------------------------|
| <b>Modul/module</b>                                    | <b>Ringvorlesung Methoden der Chemie</b> | <b>08LE05MO-88633087-200</b> |
| <b>Fach/department:</b>                                | <b>Institut für Anorganische Chemie</b>  |                              |
| <b>Empfohlenes Semester/<br/>recommended semester:</b> | <b>1. FS</b>                             | <b>3 ECTS CP</b>             |

| <b>Lehrveranstaltungen/units</b>   | <b>Lehrform/<br/>Type</b> | <b>Kontaktzeit/<br/>Workload<br/>contact</b> | <b>Selbststudium/<br/>Workload<br/>self-study</b> | <b>P/<br/>WP</b> | <b>SWS</b> |
|--|---------------------------|--|---|------------------|------------|
| Ringvorlesung Methoden der Chemie<br>(Prof. Hillebrecht, Prof. Fischer) 3 ECTS<br>08LE05V-ID010404 | VL + Üb                   | 45 h   | 45 h  | P                | 3          |

|   |   |
|---|---|
| <b>Modulverantwortlicher<br/>/responsible person</b>  | Prof. Dr. Anna Fischer  |
| <b>Dozenten/teachers</b>                              | Die Dozenten des Instituts für Anorganische und Analytische Chemie  |
| <b>Turnus/rotation</b>                                | Jedes WS  |
| <b>Sprache/language</b>                               | Deutsch   |
| <b>Voraussetzungen/<br/>requirements</b>              | Keine   |
| <b>Lernziele/goals</b>                                | Einführung in die am Institut für funktionelle Materialien eingesetzten Charakterisierungsmethoden  |
| <b>Lehrinhalt/contents</b>                            | <p>Teil 1:<br/>Nach einer Einführung in die für die Anwendung von Beugungsmethoden und spektroskopischen Methoden notwendigen Grundlagen der Symmetriellehre, wird die Röntgenbeugung detailliert besprochen. Für die röntgenographische Phasenanalyse werden die entsprechenden Datenbanken vorgestellt und deren Benutzung geübt. Weitere am Institut vorhandene und im Rahmen des Praktikums „Funktionelle Materialien“ eingesetzte spektroskopischen Methoden wie Raman-, IR-, NMR-, UV-Vis-Spektroskopie, werden vorgestellt. Weitere Charakterisierungsmethoden sind die Thermoanalyse, Methoden zur Teilchengrößenbestimmung und zur Charakterisierung des Adsorptionsverhaltens und der Leitfähigkeit. Im Rahmen der mit der Vorlesung verbundenen Übungen werden praktische Beispiele besprochen und die Geräte vorgestellt</p> <p>Teil 2:<br/>In diesem Teil der Veranstaltung wird die analytische Elektronenmikroskopie als wichtige Charakterisierungsmethode nanostrukturierter Funktionsmaterialien vorgestellt (SEM, (HR)TEM, EDX).</p> |
| <b>Studien- und<br/>Prüfungsleistungen/<br/>exams</b> | <p>SL: Die Studienleistung ist durch die Anwesenheit Vorlesung und Übungen zu erfüllen sowie anhand eines Vortrages zu erbringen. Der Nachweis der Studienleistung wird von der Modulleitung ans Prüfungsamt weitergeleitet.</p> <p>Die Studierenden melden sich am Veranstaltungsende bei der Modulverantwortlichen, um die Bestätigung über die erbrachte Studienleistung zu erhalten.</p>  |

|  |  |                   |
|--|--|-------------------|
| <b>Modul/module</b>                                    | <b>Ringvorlesung Methoden der Materialwissenschaften</b> | <b>11LE50V-FM</b> |
| <b>Fach/department:</b>                                | <b>Institut für Mikrosystemtechnik</b>                   |                   |
| <b>Empfohlenes Semester/<br/>recommended semester:</b> | <b>2. FS</b>   | <b>3 ECTS CP</b>  |

| <b>Lehrveranstaltungen/units</b>                           | <b>Lehrform/<br/>Type</b> | <b>Kontaktzeit/<br/>Workload<br/>contact</b> | <b>Selbststudium/<br/>Workload<br/>self-study</b> | <b>P/<br/>WP</b> | <b>SWS</b> |
|--|---------------------------|--|---|------------------|------------|
| Ringvorlesung Methoden der Materialwissenschaften (3 ECTS) | VL                        | 45 h   | 45 h  | P                | 3          |

**Modulverantwortlicher / responsible person** Prof. Dr.-Ing. Frank Balle

**Dozenten/teachers** Aus IMTEK, INATECH und Fraunhofer-Instituten

**Turnus/rotation** Jedes SS

**Sprache/language** Deutsch und Englisch

**Voraussetzungen/requirements** keine

**Lernziele/goals** Erwerb von Wissen über die wichtigsten Eigenschaften und Phänomene der Funktionswerkstoffe. Zusammenhänge zwischen theoretischen Modellvorstellungen, Herstellverfahren und Charakterisierungsmethoden von Metallen, Keramiken, Polymeren und Kompositwerkstoffen sollen verstanden sein und analysiert werden können.

**Lehrinhalt/contents** Die Ringvorlesung wird überwiegend von Lehrstühlen des IMTEK durchgeführt. Das Ziel der Veranstaltung ist die Vermittlung von Wissen über die Hauptgruppen von Funktionswerkstoffen, aktuelle Methoden in der Forschung zur Herstellung und Charakterisierung elektro-mechanischer, bionischer und chemischer Funktionsmaterialien, mit dem Fokus auf der Anwendung als Sensorsystem. Folgende Lehrstühle sind an der Veranstaltung beteiligt:

Ambacher, Oliver, **Leistungselektronik**  
 Balle, Frank, **Entwicklung nachhaltiger Funktionswerkstoffe**  
 Buse, Karsten, **Optische Systeme (Fraunhofer IPM)**  
 Eberl, Christoph, **Mikro- und Werkstoffmechanik (Fraunhofer IWM)**  
 Hanemann, Thomas, **Werkstoffprozesstechnik**  
 Paul, Oliver, **Materialien der Mikrosystemtechnik**  
 Rohrbach, Alexander, **Bio- und Nanophotonik**  
 Rühle, Jürgen, **Chemie und Physik von Grenzflächen**  
 Urban, Gerald, **Sensoren**  
 Wallrabe, Ulrike, **Mikroaktorik**  
 Wilde, Jürgen, **Aufbau- und Verbindungstechnik**  
 Woias, Peter, **Konstruktion von Mikrosystemen**  
 Wöllenstein, Jürgen, **Gassensoren (Fraunhofer IPM)**

**Studien- und Prüfungsleistungen/exams** SL Die Studienleistung wird anhand einer mündlichen Prüfung geprüft.

## Modul/module Methoden und Konzepte

Fach/department:

Empfohlenes Semester/  
recommended semester:

1.- 3. FS

9 ECTS CP

| Lehrveranstaltungen/units  | Lehrform/<br>Type | Kontaktzeit/<br>Workload<br>contact | Selbststudium/<br>Workload<br>self-study | P/<br>WP | SWS |
|--|-------------------|-------------------------------------|--|----------|-----|
| <b>Wahlpflicht:</b><br>Alle Lehrveranstaltungen aus dem Wahlpflichtbereich und der anderen beiden Schwerpunktmodule dieses Masterstudienganges. Spezialvorlesungen und Praktika entsprechend der aktuell via HISinOne angebotenen Lehrveranstaltungen. Spezialvorlesungen und Praktika (auch außerhalb der Universität Freiburg/Université de Strasbourg) in Absprache mit dem Modulverantwortlichen.<br><br>Besonderer Hinweis: |                   |                                     |  |          |     |
| a. Organische Funktionsmaterialien: vom LCD zu molekularen Schaltkreisen (1 ECTS)  | S                 | 30 h                                |  | WP       | 2   |
| b. Biofunctional Materials – for medical microsystems and healthcare (3 ECTS)  | S                 | 28 h                                | 62 h                                     | WP       | 2   |
| c. Werkstofftechnologien (4 ECTS)  | V + Ü             | 45 h                                | 75 h                                     | WP       | 3   |
| d. Lightweight Design and Materials (3 ECTS)   | V                 | 28 h                                | 62 h                                     | WP       | 2   |
| e. Physikalische Chemie V: Organische Elektronik – Elektronische Prozesse in organischen Halbleitern (1 ECTS)  | V                 | 30 h                                |  | WP       | 1   |
| f. Functional polymers for sustainable development (1 ECTS)  | V                 | 30 h                                |  | WP       | 2   |

**Modulverantwortlicher /responsible person** N. N.

**Dozenten/teachers** Diverse Dozenten und Praktikumsleiter

**Turnus/rotation** unterschiedlich

**Sprache/language** Englisch/Deutsch/International

**Voraussetzungen/requirements** keine

**Lernziele/goals** Die Studierenden lernen verschiedene Methoden und Konzeptentwürfe kennen und können verschiedene Messgeräte selbstständig bedienen und die Ergebnisse auswerten.

**Lehrinhalt/contents** Vorbereitung und Einarbeitung in andere Themenbereiche außerhalb des Curriculums.

Empfohlene Veranstaltungen:

Organische Funktionsmaterialien: vom LCD zu molekularen Schaltkreisen (1 ECTS)

Inhalte

Einführung in Chemie, Physik und praktische Anwendungen

- organischer Funktionsmaterialien für die Elektronikindustrie:
- Materialien für Flüssigkristalldisplays: Design, Synthese und Struktur-Eigenschaftsbeziehungen von Flüssigkristallen
  - Grundlagen der Organischen Elektronik: Organische Leiter, Halbleiter und Supraleiter
  - Materialien für Organic Light Emitting Diode (OLED)-Displays und deren Funktionsweise
  - Organische Halbleiter für gedruckte Feldeffekt-Transistoren (OFET)
  - Organische Photovoltaik (OPV) und Farbstoffsolarzellen (DSSC)
  - Grundlagen der Molekularen Nanoelektronik: unimolekulare Speicher, Transistoren und Schaltkreise

### Biofunctional Materials – for medical microsystems and healthcare (3 ECTS)

Participants will gain deeper insight into the fundamental biofunctionalization techniques used for medical implants at present as well as insight into where the research frontier stands within a range of application fields.

Participants will be able to examine the potential of new technologies in this field and critically discuss which challenges that have to be met before technologies are transferred from basic research into clinical application.

The topics are presented in seminar form and oriented around examples of existing biomedical applications where tailored materials functionality is essential e.g. cardiovascular devices, dental implants, catheters, tissue engineering scaffolds and neural interfaces.

Fundamental knowledge in terminology, as well as the basics of the biological interaction with implanted surfaces (foreign body response) will be given in the initial seminars.

The seminars are a combination of traditional lectures (80%) and discussions (20%). The students are expected to take active part in the discussions which will be based on homework assignments to be prepared before the seminar. The preparations will be evaluated in a combination of oral and written assignments.

For each example application the following questions will be in focus:

- The purpose(s) of functionalization for this application.
- The most common methods used to accomplish such functionalization.
- Where the field stands in terms of commercialization of such techniques in relation to where the actual research frontier stands.
- Which process considerations that are the most important within the given field.
- Which methods that should be used to evaluate the functionality.

Furthermore the course addresses suitable techniques for microfabrication and sterilization related to biofunctional surfaces and materials.

### Lightweight Design and Materials (3 ECTS)

Contents

- Basics and motivation of lightweight design by materials engineering
- Lightweight strategies and criteria for materials selection
- Light alloys: Aluminium, Titanium, Magnesium and their alloys
- Lightweight steels
- Lightweight with Polymer-Matrix-Composites (PMC)
- Further lightweight approaches:
- Fiber-Metal-Laminates (FML)
- Bulk metallic glasses (BMG)
- Metal- and ceramic-matrix-composites (MMC, CMC)

### Physikalische Chemie V: Organische Elektronik – Elektronische Prozesse in organischen Halbleitern (1 ECTS)

Inhalte

Organische Halbleiter haben vielfältig Eingang in unseren Alltag gefunden. Die Kenntnis ihrer zugrundeliegenden physikalisch-chemischen Eigenschaften ist essentiell für das Verständnis der vielfältigen Struktur-Funktions-Beziehungen und der Prozesse in diesen Materialien. Themen der Vorlesung sind die elektronische Struktur, angeregte Zustände, Ladungsträger sowie elektronische und optische Prozesse in organischen Halbleitern.

Literatur: Anna Köhler, Heinz Bässler: Electronic Processes in Organic Semiconductors. Wiley-VCH, Weinheim 2015

#### Functional polymers for sustainable development

##### Inhalte

In this course, the ecological aspects of polymers and their key role in sustainable development and the prospects of green economy will be learned. An important objective is to understand how polymers contribute to high resource-, cost- and energy-effectiveness and modern high technologies, meeting the demands of a growing world population. Special focus is placed upon polymer waste recycling, bio-based polymers, renewable resources, polymers with low carbon footprint, and tailored polymers for application in energy-related new technologies.

#### **Studien- und Prüfungsleistungen/ exams**

SL: in Absprache mit dem Betreuer der Methoden und Konzepte oder dem Modulverantwortlichen.

Die Obergrenze für Lehrveranstaltungen dieses Moduls ist bei 4 ECTS Punkten.

Sprachkurse können mit max. 4 ECTS Punkten angerechnet werden. Studienleistungen aus vorherigen M.Sc. Studiengängen können angerechnet werden.

# Modul/module Sustainability

Fach/department:

Empfohlenes Semester/  
recommended semester:

1. FS und 2. FS

6 ECTS CP

| Lehrveranstaltungen/units   | Lehrform/<br>Type | Kontaktzeit/<br>Workload<br>contact | Selbststudium/<br>Workload<br>self-study | P/<br>WP | SWS |
|---|-------------------|-------------------------------------|--|----------|-----|
| a. Materialebenszyklen / Material Life Cycles                         | VL+Ü              | 60 h                                | 60 h                                     | P        | 4   |
| b. Ringvorlesung: Sustainability ... in a chemical and energy context | VL                | 15 h                                | 15 h                                     | P        | 1   |

**Modulverantwortlicher /responsible person** Prof. Dr. Harald Hillebrecht

**Dozenten/teachers** diverse Dozenten

**Turnus/rotation** a. WS  
b. SS

**Sprache/language** English/Deutsch

**Voraussetzungen/requirements** keine

**Lernziele/goals** The aim of this course is to provide an overview of these increasingly important and interlinking themes and to discuss the technologies associated with the research and development intended to establish chemical and energy provision in a green and sustainable manner.

**Lehrinhalt/contents** Materialebenszyklen / Material Life Cycles  
•Im ersten Teil werden die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen betrachtet, die in den letzten Jahren zu der immer größer werdenden Bedeutung des Themas Nachhaltigkeit geführt haben. Dabei befassen sich die Studenten mit der geschichtliche Entwicklung, Materialabhängigkeit, Ressourcen und Ressourcenverbrauch, kritische Ressourcen.  
•Im zweiten Teil werden Definitionen von nachhaltiger Entwicklung und die verschiedenen Methoden zur Bewertung behandelt. Mit Fokus auf Materialien/Produkte werden Lebenszyklus, Lebensende, Kostenabschätzung, legislative Rahmenbedingungen besprochen.  
•Im dritten Teil wird die Anwendung der gelernten Methoden an verschiedenen Fallbeispielen demonstriert.

Literatur:

Michael F. Ashby, "Materials and Sustainable Development", Elsevier, 2016.

Michael F. Ashby, "Materials and Environment", Elsevier, 2013.

Die Studenten sollen in den Übungen die selbstständige Anwendung der in der Vorlesung vorgestellten Methoden lernen. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf der von Mike F. Ashby eingeführten Five-Step-Methode zur Bewertung von nachhaltiger Entwicklung sowie einer vereinfachten Lebenszyklusanalyse (Eco-Audit). In den Übungen wird die Software CES Edupack von Granta Design eingesetzt, die verschiedene Tools zur Analyse und Datenrecherche zu dem Thema Nachhaltigkeit bereit stellt

Ringvorlesung/ Lecture Course Synopsis

We are now living in the era known as the "Anthropocene", where

mankind's activities (e.g. industrial practices) are now the strongest driving force in natural climatic and geological cycles. In this context, the use of finite fossil fuel reserves as energy carriers/fuels and feedstock for the chemical industry as well as their long term extraction is not sustainable particularly when we consider the impacts of greenhouse gas emissions, an ever increasing global population and associated demand for energy and products. Similarly, the demands of modern technologies (e.g. electronic devices) on the planet's ore deposits and resources are also of concern given the criticality of certain elements (e.g. platinum group metals). Therefore a number of questions can be posed: 1) how do we maintain our current high living standards in the western world, whilst providing sustainable solutions (e.g. non-fossil based) to the developing world?; 2) From where do we source our chemical feedstocks and elemental resources in the future; 3) how do we supply energy and fuel demands in a sustainable manner?; and 4) are there nexuses between the potential answers to these questions? In this context the lecture course, Sustainability and Sustainable Chemical Economies, intends to introduce the student to the following:-

- Sustainability in a Chemical Context
- Renewable Energy and Storage Technologies
- Green Chemistry and the 12 Principles
- Hydrogen-based Economy
- Methanol Economy
- Biorefinery

**Studien- und  
Prüfungsleistungen/  
exams**

SL

## Modul/module **Vertiefungspraktikum**

Fach/department:

Empfohlenes Semester/  
recommended semester: **3. FS**

**12 ECTS CP**

| Lehrveranstaltungen/units | Lehrform/<br>Type | Kontaktzeit/<br>Workload<br>contact | Selbststudium/<br>Workload<br>self-study | P/<br>WP | SWS |
|---------------------------|-------------------|-------------------------------------|--|----------|-----|
| Vertiefungspraktikum      | Pr                | 135 h                               | 225 h                                    | P        | 9   |

**Modulverantwortlicher /responsible person** Die Dozenten der jeweiligen Fakultäten.

**Dozenten/teachers** Die Dozenten der jeweiligen Fakultäten.

**Turnus/rotation** Jedes Semester

**Sprache/language** Englisch/Deutsch

**Voraussetzungen/requirements** Bestandene Praktika des ersten Studienjahres

**Lernziele/goals** Ziel ist die Vertiefung der praktischen und theoretischen Fähigkeiten zur Durchführung von Untersuchungen auf Feldern mit erhöhtem wissenschaftlichem Anspruch zur persönlichen Spezialisierung, unter reduzierter Anleitung und mit begrenztem Umfang. Die zu erwerbenden Fähigkeiten umfassen die theoretische Durchdringung des Themas, die Planung eigenen Erkenntnisgewinns und dessen Auswertung und Darstellung.

**Lehrinhalt/contents** Im Vertiefungspraktikum arbeiten die Studierenden schon weitgehend selbstständig wissenschaftlich auf einem aus den Angeboten der Fakultäten und Instituten gewählten Gebiet. Sie wenden Methoden zur Gewinnung forschungsrelevanter Informationen an. Das Vertiefungspraktikum kann in Absprache mit dem Fachbereichslehrenden in einer Forschungseinrichtung in der Industrie oder an einer anderen Universität absolviert werden. In diesem Praktikum werden auf der Grundlage der bislang erworbenen Kenntnisse komplexere Sachverhalte vermittelt und in anspruchsvolle, den aktuellen Forschungsthemen angepasste, differenzierte methodische Anwendungen eingeführt. In Hinblick auf das folgende Forschungspraktikum und die abschließende Masterarbeit wird eine solide Basis zum selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten geschaffen.

**Studien- und Prüfungsleistungen/exams** PL: Protokoll, Referat, Kolloquium in Absprache mit dem Mentor und dem Betreuer der Masterarbeit

**Modul/module      Forschungspraktikum**

Fach/department:

Empfohlenes Semester/  
recommended semester:      3. FS

12 ECTS CP

| Lehrveranstaltungen/units | Lehr-<br>form/<br>Type | Kontakt-<br>zeit/<br>Workload<br>contact | Selbst-<br>studium/<br>Workload<br>self-study | P/<br>WP | SWS |
|---------------------------|------------------------|--|---|----------|-----|
| Forschungspraktikum       | Pr                     | 135 h                                    | 225 h   | P        | 9   |

**Modulverantwortlicher  
/responsible person**      Die Dozenten der jeweiligen Fakultäten.**Dozenten/teachers**      Die Dozenten der jeweiligen Fakultäten.**Turnus/rotation**      Jedes Semester**Sprache/language**      Englisch/Deutsch**Voraussetzungen/  
requirements**      Bestandene Praktika des ersten Studienjahres**Lernziele/goals**      Die Studierenden können sich in verschiedene Bereiche der Functional Materials einarbeiten, wissenschaftliche Texte recherchieren, kritisch lesen, und verstehen. Die Studierenden können ihr Fachwissen in neuen und unvertrauten (auch multidisziplinären) Zusammenhängen auf dem Feld der Funktionsmaterialien auf eigene theoretische und praktische Untersuchungen anwenden. Sie können einen wissenschaftlichen Text zur ihren Arbeiten und Erkenntnissen formulieren.**Lehrinhalt/contents**      Vorbereitung und Einarbeitung in das Masterthema. Das Forschungspraktikum kann in Absprache mit dem Betreuer der Masterarbeit in einer Forschungseinrichtung, in der Industrie oder an einer anderen Universität absolviert werden.**Studien- und  
Prüfungsleistungen/  
exams**      SL: in Absprache mit dem Mentor und dem Betreuer der Masterarbeit.

## Modul/module **Masterarbeit**

Fach/department:

Empfohlenes Semester/  
recommended semester: **4. FS**

**30 ECTS CP**

| Lehrveranstaltungen/units | Lehrform/<br>Type | Kontaktzeit/<br>Workload<br>contact | Selbststudium/<br>Workload<br>self-study | P/<br>WP | SWS |
|---------------------------|-------------------|-------------------------------------|--|----------|-----|
| Masterarbeit              | Pr                | 800 h                               | 100                                      | P        | 15  |

**Modulverantwortlicher /responsible person** Die Dozenten der jeweiligen Fakultäten.

**Dozenten/teachers** Die Dozenten der jeweiligen Fakultäten.

**Turnus/rotation** Jedes Semester

**Sprache/language** Englisch/Deutsch

**Voraussetzungen/requirements** Bestandene Praktika des ersten Studienjahres, Abschluss von Vertiefungs- und Forschungspraktikum.

**Lernziele/goals** Die Studierenden können wissenschaftliche Texte kritisch lesen, verstehen und formulieren. Die Studierenden können ihr Fachwissen in neuen und unvertrauten (auch multidisziplinär) Zusammenhängen im Bereich der Functional Materials anwenden. Sie können weitgehend selbstständig moderne Methoden einsetzen und Versuche/ Untersuchungen aufbauen, durchführen und dokumentieren.

**Lehrinhalt/contents** Die Masterarbeit ist eine wissenschaftliche Arbeit, die thematisch, methodisch und inhaltlich unter Anleitung gestellt wird. Die Masterarbeit ist aus einem Fachgebiet und sollte einfach gehalten werden. Die Masterarbeit wird von zwei Referenten betreut. Ein Referent ist betreuender Professor aus der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg und ein weiterer Korreferent. Die Masterarbeit wird in der Fakultät für Chemie und Pharmazie, an der Technischen Fakultät oder an einem am Studiengang beteiligten Fraunhofer-Institut erstellt. Ausnahmen müssen über den Masterprüfungsausschuss genehmigt werden.

**Studien- und Prüfungsleistungen/exams** PL: schriftliche Masterarbeit in englischer oder deutscher Sprache.

### **3. Anhang**

## **Ansprechpartner:**

**Studiengangsleiterin Fakultät für Chemie und Pharmazie**

**Prof. Anna Fischer**

anna.fischer@ac.uni-freiburg.de

**Studiengangsleiter Fakultät für Chemie und Pharmazie**

**Prof. Harald Hillebrecht**

harald.hillebrecht@ac.uni-freiburg.de

**Studiengangsleiter Technische Fakultät**

**Prof. Frank Balle**

frank.balle@inatech.uni-freiburg.de

**Studiengangkoordination Chemie**

**Annika Hartwig**

studiengangkoordination@cup.uni-freiburg.de

**Studienkoordination Technische Fakultät**

**Ursula Epe**

studienkoordination@tf.uni-freiburg.de

Und alle Dozenten des Studiengangs