

# **Modulhandbuch**

Master of Science (M.Sc.)

# **Verfahrenstechnik**

Kohorte: Wintersemester 2019

Stand: 25. Juli 2020

---

---

# Inhaltsverzeichnis

---

---

|  |     |
|--|-----|
| Inhaltsverzeichnis   | 2   |
| Studiengangsbeschreibung   | 4   |
| Fachmodule der Kernqualifikation   | 5   |
| Modul M0519: Partikeltechnologie und Feststoffverfahrenstechnik                              | 5   |
| Modul M0523: Betrieb & Management  | 8   |
| Modul M0524: Nichttechnische Angebote im Master  | 9   |
| Modul M0540: Transport Processes   | 12  |
| Modul M0541: Prozess- und Anlagentechnik II  | 15  |
| Modul M0542: Strömungsmechanik in der Verfahrenstechnik                                      | 18  |
| Modul M0895: Chemische Reaktionstechnik - Vertiefung   | 21  |
| Modul M0896: Bioprocess and Biosystems Engineering   | 26  |
| Modul M0904: Projektierungskurs  | 31  |
| Fachmodule der Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik                                       | 33  |
| Modul M0513: Systemaspekte regenerativer Energien  | 33  |
| Modul M0874: Abwassersysteme   | 37  |
| Modul M0617: Hochdruckverfahrenstechnik  | 41  |
| Modul M0875: Nexus Engineering - Water, Soil, Food and Energy                                | 45  |
| Modul M0636: Cell and Tissue Engineering   | 48  |
| Modul M0914: Technical Microbiology  | 50  |
| Modul M0714: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen                                    | 53  |
| Modul M1033: Sondergebiete der Verfahrenstechnik und Bioverfahrenstechnik                    | 55  |
| Modul M0721: Klimaanlagen  | 65  |
| Modul M0657: Numerische Methoden der Thermofluidodynamik II                                  | 67  |
| Modul M0749: Abfallbehandlung und Feststoffverfahrenstechnik                                 | 69  |
| Modul M0897: CAPE - Computergestützte Auslegung Verfahrenstechnischer Prozesse               | 72  |
| Modul M0898: Heterogeneous Catalysis   | 75  |
| Modul M0906: Numerical Simulation and Lagrangian Transport                                   | 79  |
| Modul M0633: Industrial Process Automation   | 82  |
| Modul M0705: Grundwasser   | 84  |
| Modul M0876: Wasserchemisches Praktikum  | 87  |
| Modul M0881: Mathematische Bildverarbeitung  | 90  |
| Modul M0537: Applied Thermodynamics: Thermodynamic Properties for Industrial Applications    | 92  |
| Modul M0899: Synthese und Auslegung industrieller Anlagen                                    | 94  |
| Modul M0545: Separation Technologies for Life Sciences                                       | 97  |
| Modul M0662: Numerical Mathematics I   | 100 |
| Modul M0900: Ausgewählte Prozesse der Feststoffverfahrenstechnik                             | 102 |
| Modul M0802: Membrane Technology   | 105 |
| Modul M0902: Abwasserreinigung und Luftreinhaltung   | 108 |
| Modul M0949: Rural Development and Resources Oriented Sanitation for different Climate Zones | 111 |
| Modul M0952: Industrielle Bioprozesstechnik  | 113 |
| Modul M0973: Biocatalysis  | 116 |
| Modul M1017: Lebensmittelverfahrenstechnik   | 119 |
| Modul M0905: Forschungsprojekt Verfahrenstechnik   | 121 |
| Modul M0658: Innovative Methoden der Numerischen Thermofluidodynamik                         | 123 |
| Modul M1396: Hybride Prozesse in der Verfahrenstechnik                                       | 125 |
| Modul M0822: Modellierung von Prozessen in der Wassertechnologie                             | 127 |
| Modul M0742: Thermische Energiesysteme   | 130 |
| Modul M0975: Industrial Bioprocesses in Practice   | 132 |
| Fachmodule der Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik  | 134 |
| Modul M0617: Hochdruckverfahrenstechnik  | 134 |
| Modul M0714: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen                                    | 138 |
| Modul M0749: Abfallbehandlung und Feststoffverfahrenstechnik                                 | 140 |
| Modul M0897: CAPE - Computergestützte Auslegung Verfahrenstechnischer Prozesse               | 143 |
| Modul M0898: Heterogeneous Catalysis   | 146 |
| Modul M0906: Numerical Simulation and Lagrangian Transport                                   | 150 |
| Modul M0633: Industrial Process Automation   | 153 |
| Modul M0899: Synthese und Auslegung industrieller Anlagen                                    | 155 |
| Modul M0900: Ausgewählte Prozesse der Feststoffverfahrenstechnik                             | 158 |
| Modul M1033: Sondergebiete der Verfahrenstechnik und Bioverfahrenstechnik                    | 161 |
| Modul M0905: Forschungsprojekt Verfahrenstechnik   | 171 |
| Modul M1396: Hybride Prozesse in der Verfahrenstechnik                                       | 173 |
| Modul M0537: Applied Thermodynamics: Thermodynamic Properties for Industrial Applications    | 175 |
| Modul M0975: Industrial Bioprocesses in Practice   | 177 |
| Fachmodule der Vertiefung Umweltverfahrenstechnik  | 179 |
| Modul M0513: Systemaspekte regenerativer Energien  | 179 |
| Modul M0874: Abwassersysteme   | 183 |
| Modul M0875: Nexus Engineering - Water, Soil, Food and Energy                                | 187 |
| Modul M0897: CAPE - Computergestützte Auslegung Verfahrenstechnischer Prozesse               | 190 |
| Modul M0512: Solarenergienutzung   | 193 |
| Modul M0511: Stromerzeugung aus Wind- und Wasserkraft  | 197 |
| Modul M0518: Waste and Energy  | 201 |

|  |     |
|--|-----|
| Modul M0749: Abfallbehandlung und Feststoffverfahrenstechnik                                 | 204 |
| Modul M1308: Modellierung und technische Auslegung von Bioraffinerieprozessen                | 207 |
| Modul M1287: Risikomanagement, Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie                  | 210 |
| Modul M0705: Grundwasser   | 215 |
| Modul M0876: Wasserchemisches Praktikum  | 218 |
| Modul M0902: Abwasserreinigung und Luftreinhaltung   | 221 |
| Modul M0949: Rural Development and Resources Oriented Sanitation for different Climate Zones | 224 |
| Modul M1033: Sondergebiete der Verfahrenstechnik und Bioverfahrenstechnik                    | 226 |
| Modul M0905: Forschungsprojekt Verfahrenstechnik   | 236 |
| Modul M1294: Bioenergie  | 238 |
| Modul M1303: Energieprojekte und ihre Bewertung  | 244 |
| Modul M1309: Auslegung und Bewertung regenerativer Energiesysteme                            | 249 |
| Modul M0822: Modellierung von Prozessen in der Wassertechnologie                             | 252 |
| Modul M0802: Membrane Technology   | 255 |
| Modul M0975: Industrial Bioprocesses in Practice   | 258 |
| Thesis   | 260 |
| Modul M-002: Masterarbeit  | 260 |

---

---

## Studiengangsbeschreibung

---

---

### Inhalt

Die Absolventen haben vertiefte und umfangreiche ingenieurwissenschaftliche, mathematische und naturwissenschaftliche Kenntnisse erworben, die sie zu wissenschaftlicher Arbeit und verantwortlichem Handeln bei der beruflichen Tätigkeit und in der Gesellschaft befähigen. Sie haben ein kritisches Bewusstsein gegenüber neueren Erkenntnissen ihrer Disziplin.

Die Absolventen können:

- Probleme wissenschaftlich analysieren und lösen, auch wenn sie unüblich oder unvollständig definiert sind und konkurrierende Spezifikationen aufweisen;
- komplexe Problemstellungen aus einem neuen oder in der Entwicklung begriffenen Bereich abstrahieren und formulieren;
- innovative Methoden bei der grundlagenorientierten Problemlösung anwenden und neue wissenschaftliche Methoden entwickeln.

Die Absolventen sind in der Lage:

- Konzepte und Lösungen zu grundlagenorientierten, zum Teil auch unüblichen Fragestellungen - ggf. unter Einbeziehung anderer Disziplinen - zu entwickeln;
- neue Produkte, Prozesse und Methoden zu kreieren und zu entwickeln;
- ihr ingenieurwissenschaftliches Urteilsvermögen anzuwenden, um mit komplexen, möglicherweise unvollständigen Informationen zu arbeiten, Widersprüche zu erkennen und mit ihnen umzugehen.

Die Absolventen sind befähigt:

- Informationsbedarf zu erkennen, Informationen zu finden und zu beschaffen;
- theoretische und experimentelle Untersuchungen zu planen und durchzuführen;
- Daten kritisch zu bewerten und daraus Schlüsse zu ziehen;
- die Anwendung von neuen und aufkommenden Technologien zu untersuchen und zu bewerten.

Absolventen sind über ihre Qualifikation aus dem Bachelor-Studium hinaus in der Lage:

- Wissen aus verschiedenen Bereichen methodisch zu klassifizieren und systematisch zu kombinieren sowie mit Komplexität umzugehen;
- sich systematisch und in kurzer Zeit in neue Aufgaben einzuarbeiten;
- auch nicht-technische Auswirkungen der Ingenieur Tätigkeit systematisch zu reflektieren und in ihr Handeln verantwortungsbewusst einzubeziehen
- Lösungen, die einer vertieften Methodenkompetenz bedürfen, zu erarbeiten.

Die bereits im Bachelor-Studium für die praktische Ingenieur Tätigkeit erworbenen Schlüsselqualifikationen werden innerhalb des Master-Studiengangs ausgebaut.

## Fachmodule der Kernqualifikation

### Modul M0519: Partikeltechnologie und Feststoffverfahrenstechnik

**Lehrveranstaltungen**

| Titel                                    | Typ  | SWS | LP |
|--|--|-----|----|
| Partikeltechnologie II (L0051)           | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung | 1   | 1  |
| Partikeltechnologie II (L0050)           | Vorlesung                                  | 2   | 2  |
| Praktikum Partikeltechnologie II (L0430) | Laborpraktikum                             | 3   | 3  |

**Modulverantwortlicher** Prof. Stefan Heinrich

**Zulassungsvoraussetzungen** Keine

**Empfohlene Vorkenntnisse** Grundkenntnisse der Partikeltechnologie und Feststoffverfahrenstechnik, Kenntnis der grundlegenden Verfahren

**Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht

|                              |   |
|------------------------------|---|
| <b>Fachkompetenz</b>         | Die Studierenden sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, basierend auf der Kenntnis der Mikroprozesse auf Partikelebene die Prozesse der Feststoffverfahrenstechnik sehr detailliert zu beschreiben und zu erläutern.   |
| <i>Wissen</i>                |   |
| <i>Fertigkeiten</i>          | Die Studenten sind in der Lage, die notwendigen Verfahren und Apparate zur gezielten Prozessierung von Feststoffen in Abhängigkeit von den spezifischen Partikeleigenschaften auszuwählen, zu modifizieren und zu modellieren   |
| <b>Personale Kompetenzen</b> |   |
| <i>Sozialkompetenz</i>       | Die Studierenden sind in der Lage Aufgaben im Bereich der Feststoffverfahrenstechnik in kleinen Gruppen zu bearbeiten und die gesammelten Ergebnisse anschließend mündlichen zu präsentieren. Die Studierenden sind befähigt, fachliches Wissen mit wissenschaftlichen Kollegen zu diskutieren. |
| <i>Selbstständigkeit</i>     | Studierende sind dazu in der Lage Fragestellungen in der Partikeltechnologie selbstständig und in kleinen Gruppen zu analysieren und zu lösen.  |

**Arbeitsaufwand in Stunden** Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84

**Leistungspunkte** 6

| Studienleistung | Verpflichtendes<br>Haus | Art der Studienleistung   | Beschreibung  |
|-----------------|-------------------------|---------------------------|---|
| Ja              | Keiner                  | Schriftliche Ausarbeitung | fünf Berichte (pro Versuch ein Bericht) à 5-10 Seiten |

**Prüfung** Klausur

**Prüfungsdauer und -umfang** 120 Minuten

**Zuordnung zu folgenden Curricula**  
 Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht  
 Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht  
 Energie- und Umwelttechnik: Vertiefung Umwelttechnik: Wahlpflicht  
 Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht  
 Materialwissenschaft: Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien: Wahlpflicht  
 Verfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht

| <b>Lehrveranstaltung L0051: Partikeltechnologie II</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung |
| <b>SWS</b>   | 1  |
| <b>LP</b>  | 1  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                       | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14         |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Stefan Heinrich                      |
| <b>Sprachen</b>  | DE/EN                                      |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe                                       |
| <b>Inhalt</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung          |
| <b>Literatur</b>                                       | Siehe korrespondierende Vorlesung          |

| <b>Lehrveranstaltung L0050: Partikeltechnologie II</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                       | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Stefan Heinrich  |
| <b>Sprachen</b>  | DE/EN  |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Übung in Form von "Project based Learning": selbstständiges Lösen von Problemstellungen der Feststoffverfahrenstechnik</li> <li>• Kontaktkräfte, interpartikuläre Kräfte</li> <li>• vertiefte Behandlung von Kornzerkleinerung</li> <li>• CFD Methoden zur Beschreibung von Fluid/Feststoffströmungen, Euler/Euler-Methode, Discrete Particle Modeling</li> <li>• Behandlung von Problemen mit verteilten Stoffeigenschaften, Lösung von Populationsbilanzen</li> <li>• Fließschemasimulation von Feststoffprozessen</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>                                       | <p>Schubert, H.; Heidenreich, E.; Liepe, F.; Neeße, T.: Mechanische Verfahrenstechnik. Deutscher Verlag für die Grundstoffindustrie, Leipzig, 1990.</p> <p>Stieß, M.: Mechanische Verfahrenstechnik I und II. Springer Verlag, Berlin, 1992.</p>   |

| Lehrveranstaltung L0430: Praktikum Partikeltechnologie II |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Laborpraktikum   |
| <b>SWS</b>  | 3  |
| <b>LP</b>   | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                          | Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42   |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Stefan Heinrich  |
| <b>Sprachen</b>   | DE/EN  |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fluidisation</li> <li>• Agglomeration</li> <li>• Granulation</li> <li>• Trocknung</li> <li>• Bestimmung der mechanische Eigenschaften von Agglomeraten</li> </ul>                                       |
| <b>Literatur</b>  | <p>Schubert, H.; Heidenreich, E.; Liepe, F.; Neeße, T.: Mechanische Verfahrenstechnik. Deutscher Verlag für die Grundstoffindustrie, Leipzig, 1990.</p> <p>Stieß, M.: Mechanische Verfahrenstechnik I und II. Springer Verlag, Berlin, 1992.</p> |

| <b>Modul M0523: Betrieb &amp; Management</b>  |  |
|---|--|
| <b>Modulverantwortlicher</b>                  | Prof. Matthias Meyer   |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>              | Keine  |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>               | Keine  |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |
| <b>Fachkompetenz</b>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden sind in der Lage, ausgewählte betriebswirtschaftliche Spezialgebiete innerhalb der Betriebswirtschaftslehre zu verorten.</li> <li>• Die Studierenden können in ausgewählten betriebswirtschaftlichen Teilbereichen grundlegende Theorien, Kategorien und Modelle erklären.</li> <li>• Die Studierenden können technisches und betriebswirtschaftliches Wissen miteinander in Beziehung setzen.</li> </ul><br><ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können in ausgewählten betriebswirtschaftlichen Teilbereichen grundlegende Methoden anwenden.</li> <li>• Die Studierenden können für praktische Fragestellungen in betriebswirtschaftlichen Teilbereichen Entscheidungsvorschläge begründen.</li> </ul> |
| <i>Wissen</i>                                 |  |
| <i>Fertigkeiten</i>                           |  |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                  |  |
| <i>Sozialkompetenz</i>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden sind in der Lage, in interdisziplinären Kleingruppen zu kommunizieren und gemeinsam Lösungen für komplexe Problemstellungen zu erarbeiten.</li> </ul>  |
| <i>Selbstständigkeit</i>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden sind in der Lage, sich notwendiges Wissen durch Recherchen und Aufbereitungen von Material selbstständig zu erschließen.</li> </ul>  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>              | Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen  |
| <b>Leistungspunkte</b>                        | 6  |

|  |
|--|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>   |
| <b>Die Informationen zu den Lehrveranstaltungen entnehmen Sie dem separat veröffentlichten Modulhandbuch des Moduls.</b> |

**Modul M0524: Nichttechnische Angebote im Master**

|   |   |
|---|---|
| <b>Modulverantwortlicher</b>                  | Dagmar Richter  |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>              | Keine   |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>               | Keine   |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |

|                      |  |
|----------------------|--|
| <b>Fachkompetenz</b> | <p><b>Die Nichttechnischen Angebote (NTA)</b></p> <p>vermittelt die in Hinblick auf das Ausbildungsprofil der TUHH nötigen Kompetenzen, die ingenieurwissenschaftliche Fachlehre fördern aber nicht abschließend behandeln kann: Eigenverantwortlichkeit, Selbstführung, Zusammenarbeit und fachliche wie personale Leitungsbefähigung der zukünftigen Ingenieurinnen und Ingenieure. Er setzt diese Ausbildungsziele in seiner <b>Lehrarchitektur</b>, den <b>Lehr-Lern-Arrangements</b>, den <b>Lehrbereichen</b> und durch Lehrangebote um, in denen sich Studierende wahlweise für <b>spezifische Kompetenzen</b> und ein <b>Kompetenzniveau</b> auf Bachelor- oder Masterebene qualifizieren können. Die Lehrangebote sind jeweils in einem Modulkatalog Nichttechnische Ergänzungskurse zusammengefasst.</p> <p><b>Die Lehrarchitektur</b></p> <p>besteht aus einem studiengangübergreifenden Pflichtstudienangebot. Durch dieses zentral konzipierte Lehrangebot wird die Profilierung der TUHH Ausbildung auch im nichttechnischen Bereich gewährleistet.</p> <p>Die Lernarchitektur erfordert und übt eigenverantwortliche Bildungsplanung in Hinblick auf den individuellen Kompetenzaufbau ein und stellt dazu Orientierungswissen zu thematischen Schwerpunkten von Veranstaltungen bereit.</p> <p>Das über den gesamten Studienverlauf begleitend studierbare Angebot kann ggf. in ein-zwei Semestern studiert werden. Angesichts der bekannten, individuellen Anpassungsprobleme beim Übergang von Schule zu Hochschule in den ersten Semestern und um individuell geplante Auslandsemester zu fördern, wird jedoch von einer Studienfixierung in konkreten Fachsemestern abgesehen.</p> <p><b>Die Lehr-Lern-Arrangements</b></p> <p>sehen für Studierende - nach B.Sc. und M.Sc. getrennt - ein semester- und fachübergreifendes voneinander Lernen vor. Der Umgang mit Interdisziplinarität und einer Vielfalt von Lernständen in Veranstaltungen wird eingeübt - und in spezifischen Veranstaltungen gezielt gefördert.</p> <p><b>Die Lehrbereiche</b></p> <p>basieren auf Forschungsergebnissen aus den wissenschaftlichen Disziplinen Kulturwissenschaften, Gesellschaftswissenschaften, Kunst, Geschichtswissenschaften, Kommunikationswissenschaften, Migrationswissenschaften, Nachhaltigkeitsforschung und aus der Fachdidaktik der Ingenieurwissenschaften. Über alle Studiengänge hinweg besteht im Bachelorbereich zusätzlich ab Wintersemester 2014/15 das Angebot, gezielt Betriebswirtschaftliches und Gründungswissen aufzubauen. Das Lehrangebot wird durch soft skill und Fremdsprachkurse ergänzt. Hier werden insbesondere kommunikative Kompetenzen z.B. für Outgoing Engineers gezielt gefördert.</p> <p><b>Das Kompetenzniveau</b></p> <p>der Veranstaltungen in den Modulen der nichttechnischen Ergänzungskurse unterscheidet sich in Hinblick auf das zugrunde gelegte Ausbildungsziel: Diese Unterschiede spiegeln sich in den verwendeten Praxisbeispielen, in den - auf unterschiedliche berufliche Anwendungskontexte verweisende - Inhalten und im für M.Sc. stärker wissenschaftlich-theoretischen Abstraktionsniveau. Die Soft skills für Bachelor- und für Masterabsolventinnen/ Absolventen unterscheidet sich an Hand der im Berufsleben unterschiedlichen Positionen im Team und bei der Anleitung von Gruppen.</p> <p><b>Fachkompetenz (Wissen)</b></p> <p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ausgewähltes Spezialgebiete des jeweiligen nichttechnischen Bereiches</li> </ul> |
|----------------------|--|

|   |   |
|---|---|
| <p><i>Fertigkeiten</i></p>              | <p>erläutern,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• in den im Lehrbereich vertretenen Disziplinen grundlegende Theorien, Kategorien, Begrifflichkeiten, Modelle, Konzepte oder künstlerischen Techniken skizzieren,</li> <li>• diese fremden Fachdisziplinen systematisch auf die eigene Disziplin beziehen, d.h. sowohl abgrenzen als auch Anschlüsse benennen,</li> <li>• in Grundzügen skizzieren, inwiefern wissenschaftliche Disziplinen, Paradigmen, Modelle, Instrumente, Verfahrensweisen und Repräsentationsformen der Fachwissenschaften einer individuellen und soziokulturellen Interpretation und Historizität unterliegen,</li> <li>• können Gegenstandsangemessen in einer Fremdsprache kommunizieren (sofern dies der gewählte Schwerpunkt im NTW-Bereich ist).</li> </ul> <p>Die Studierenden können in ausgewählten Teilbereichen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• grundlegende und teils auch spezielle Methoden der genannten Wissenschaftsdisziplinen anwenden.</li> <li>• technische Phänomene, Modelle, Theorien usw. aus der Perspektive einer anderen, oben erwähnten Fachdisziplin befragen.</li> <li>• einfache und teils auch fortgeschrittene Problemstellungen aus den behandelten Wissenschaftsdisziplinen erfolgreich bearbeiten,</li> <li>• bei praktischen Fragestellungen in Kontexten, die den technischen Sach- und Fachbezug übersteigen, ihre Entscheidungen zu Organisations- und Anwendungsformen der Technik begründen.</li> </ul> |
| <p><b>Personale Kompetenzen</b></p>     | <p>Die Studierenden sind fähig ,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• in unterschiedlichem Ausmaß kooperativ zu lernen</li> <li>• eigene Aufgabenstellungen in den o.g. Bereichen in adressatengerechter Weise in einer Partner- oder Gruppensituation zu präsentieren und zu analysieren,</li> <li>• nichttechnische Fragestellungen einer Zuhörerschaft mit technischem Hintergrund verständlich darzustellen</li> <li>• sich landessprachlich kompetent, kulturell angemessen und geschlechtersensibel auszudrücken (sofern dies der gewählte Schwerpunkt im NTW-Bereich ist)</li> </ul>   |
| <p><i>Selbstständigkeit</i></p>         | <p>Die Studierenden sind in ausgewählten Bereichen in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die eigene Profession und Professionalität im Kontext der lebensweltlichen Anwendungsgebiete zu reflektieren,</li> <li>• sich selbst und die eigenen Lernprozesse zu organisieren,</li> <li>• Fragestellungen vor einem breiten Bildungshorizont zu reflektieren und verantwortlich zu entscheiden,</li> <li>• sich in Bezug auf ein nichttechnisches Sachthema mündlich oder schriftlich kompetent auszudrücken.</li> <li>• sich als unternehmerisches Subjekt zu organisieren, (sofern dies ein gewählter Schwerpunkt im NTW-Bereich ist).</li> </ul>  |
| <p><b>Arbeitsaufwand in Stunden</b></p> | <p>Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen</p>  |
| <p><b>Leistungspunkte</b></p>           | <p>6</p>  |

**Lehrveranstaltungen**

**Die Informationen zu den Lehrveranstaltungen entnehmen Sie dem separat veröffentlichten Modulhandbuch des Moduls.**

| Modul M0540: Transport Processes                                 |  |  |            |           |
|--|--|--|------------|-----------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                                       |  |  |            |           |
| <b>Titel</b>   |  | <b>Typ</b>                                 | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
| Mehrphasenströmungen (L0104)                                     |  | Vorlesung                                  | 2          | 2         |
| Reaktorauslegung unter Nutzung lokaler Transportprozesse (L0105) |  | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung | 2          | 2         |
| Wärme- und Stofftransport in der Verfahrenstechnik (L0103)       |  | Vorlesung                                  | 2          | 2         |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                                     | Prof. Michael Schlüter   |  |            |           |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                                 | None   |  |            |           |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                                  | All lectures from the undergraduate studies, especially mathematics, chemistry, thermodynamics, fluid mechanics, heat- and mass transfer.  |  |            |           |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>                    | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |  |            |           |
| <b>Fachkompetenz</b>   | Students are able to:  |  |            |           |
| <i>Wissen</i>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>describe transport processes in single- and multiphase flows and they know the analogy between heat- and mass transfer as well as the limits of this analogy.</li> <li>explain the main transport laws and their application as well as the limits of application.</li> <li>describe how transport coefficients for heat- and mass transfer can be derived experimentally.</li> <li>compare different multiphase reactors like trickle bed reactors, pipe reactors, stirring tanks and bubble column reactors.</li> <li>are known. The Students are able to perform mass and energy balances for different kind of reactors. Further more the industrial application of multiphase reactors for heat- and mass transfer are known.</li> </ul> |  |            |           |
| <i>Fertigkeiten</i>  | <p>The students are able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>optimize multiphase reactors by using mass- and energy balances,</li> <li>use transport processes for the design of technical processes,</li> <li>to choose a multiphase reactor for a specific application.</li> </ul>  |  |            |           |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                                     | The students are able to discuss in international teams in english and develop an approach under pressure of time.   |  |            |           |
| <i>Sozialkompetenz</i>   |  |  |            |           |
| <i>Selbstständigkeit</i>   | Students are able to define independently tasks, to solve the problem "design of a multiphase reactor". The knowledge that s necessary is worked out by the students themselves on the basis of the existing knowledge from the lecture. The students are able to decide by themselves what kind of equation and model is applicable to their certain problem. They are able to organize their own team and to define priorities for different tasks.  |  |            |           |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                 | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84   |  |            |           |
| <b>Leistungspunkte</b>   | 6  |  |            |           |
| <b>Studienleistung</b>   | Keine  |  |            |           |
| <b>Prüfung</b>   | Klausur  |  |            |           |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                                 | 15 Minuten Vortrag + 90 Minuten Multiple Choice Klausur  |  |            |           |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>                          | Bioverfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht<br>Energie- und Umwelttechnik: Kernqualifikation: Pflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht  |  |            |           |

| <b>Lehrveranstaltung L0104: Multiphase Flows</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>                                       | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>                                       | 2   |
| <b>LP</b>  | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                 | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>                                  | Prof. Michael Schlüter  |
| <b>Sprachen</b>                                  | EN  |
| <b>Zeitraum</b>                                  | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interfaces in MPF (boundary layers, surfactants)</li> <li>• Hydrodynamics &amp; pressure drop in Film Flows</li> <li>• Hydrodynamics &amp; pressure drop in Gas-Liquid Pipe Flows</li> <li>• Hydrodynamics &amp; pressure drop in Bubbly Flows</li> <li>• Mass Transfer in Film Flows</li> <li>• Mass Transfer in Gas-Liquid Pipe Flows</li> <li>• Mass Transfer in Bubbly Flows</li> <li>• Reactive mass Transfer in Multiphase Flows</li> <li>• Film Flow: Application Trickle Bed Reactors</li> <li>• Pipe Flow: Application Turbular Reactors</li> <li>• Bubbly Flow: Application Bubble Column Reactors</li> </ul>  |
| <b>Literatur</b>                                 | <p>Brauer, H.: Grundlagen der Einphasen- und Mehrphasenströmungen. Verlag Sauerländer, Aarau, Frankfurt (M), 1971.</p> <p>Clift, R.; Grace, J.R.; Weber, M.E.: Bubbles, Drops and Particles, Academic Press, New York, 1978.</p> <p>Fan, L.-S.; Tsuchiya, K.: Bubble Wake Dynamics in Liquids and Liquid-Solid Suspensions, Butterworth-Heinemann Series in Chemical Engineering, Boston, USA, 1990.</p> <p>Hewitt, G.F.; Delhay, J.M.; Zuber, N. (Ed.): Multiphase Science and Technology. Hemisphere Publishing Corp, Vol. 1/1982 bis Vol. 6/1992.</p> <p>Kolev, N.I.: Multiphase flow dynamics. Springer, Vol. 1 and 2, 2002.</p> <p>Levy, S.: Two-Phase Flow in Complex Systems. Verlag John Wiley &amp; Sons, Inc, 1999.</p> <p>Crowe, C.T.: Multiphase Flows with Droplets and Particles. CRC Press, Boca Raton, Fla, 1998.</p> |

| <b>Lehrveranstaltung L0105: Reactor Design Using Local Transport Processes</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung  |
| <b>SWS</b>   | 2   |
| <b>LP</b>  | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Michael Schlüter  |
| <b>Sprachen</b>  | EN  |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>  | <p>In this Problem-Based Learning unit the students have to design a multiphase reactor for a fast chemical reaction concerning optimal hydrodynamic conditions of the multiphase flow.</p> <p>The four students in each team have to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• collect and discuss material properties and equations for design from the literature,</li> <li>• calculate the optimal hydrodynamic design,</li> <li>• check the plausibility of the results critically,</li> <li>• write an exposé with the results.</li> </ul> <p>This exposé will be used as basis for the discussion within the oral group examen of each team.</p> |
| <b>Literatur</b>   | see actual literature list in StudIP with recent published papers   |

| <b>Lehrveranstaltung L0103: Heat &amp; Mass Transfer in Process Engineering</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Michael Schlüter  |
| <b>Sprachen</b>   | EN  |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction - Transport Processes in Chemical Engineering</li> <li>• Molecular Heat- and Mass Transfer: Applications of Fourier's and Fick's Law</li> <li>• Convective Heat and Mass Transfer: Applications in Process Engineering</li> <li>• Unsteady State Transport Processes: Cooling &amp; Drying</li> <li>• Transport at fluidic Interfaces: Two Film, Penetration, Surface Renewal</li> <li>• Transport Laws &amp; Balance Equations with turbulence, sinks and sources</li> <li>• Experimental Determination of Transport Coefficients</li> <li>• Design and Scale Up of Reactors for Heat- and Mass Transfer</li> <li>• Reactive Mass Transfer</li> <li>• Processes with Phase Changes - Evaporization and Condensation</li> <li>• Radiative Heat Transfer - Fundamentals</li> <li>• Radiative Heat Transfer - Solar Energy</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Baehr, Stephan: Heat and Mass Transfer, Wiley 2002.</li> <li>2. Bird, Stewart, Lightfoot: Transport Phenomena, Springer, 2000.</li> <li>3. John H. Lienhard: A Heat Transfer Textbook, Phlogiston Press, Cambridge Massachusetts, 2008.</li> <li>4. Myers: Analytical Methods in Conduction Heat Transfer, McGraw-Hill, 1971.</li> <li>5. Incropera, De Witt: Fundamentals of Heat and Mass Transfer, Wiley, 2002.</li> <li>6. Beek, Mutzall: Transport Phenomena, Wiley, 1983.</li> <li>7. Crank: The Mathematics of Diffusion, Oxford, 1995.</li> <li>8. Madhusudana: Thermal Contact Conductance, Springer, 1996.</li> <li>9. Treybal: Mass-Transfer-Operation, McGraw-Hill, 1987.</li> </ol>  |

## Modul M0541: Prozess- und Anlagentechnik II

### Lehrveranstaltungen

| Titel                                  | Typ          | SWS | LP |
|--|--------------|-----|----|
| Prozess- und Anlagentechnik II (L0097) | Vorlesung    | 2   | 2  |
| Prozess- und Anlagentechnik II (L0098) | Hörsaalübung | 1   | 2  |
| Prozess- und Anlagentechnik II (L1215) | Gruppenübung | 1   | 2  |

|   |  |
|---|--|
| <b>Modulverantwortlicher</b>                  | Prof. Georg Fieg   |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>              | Keine  |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>               | Ingenieurwissenschaftliche Grundlagenfächer<br>Grundoperationen der mechanischen und thermischen Verfahrenstechnik<br>Chemische Reaktionstechnik   |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |
| <b>Fachkompetenz</b>                          | Teilnehmer am Modul ‚Prozess- und Anlagentechnik II‘ können: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelungsstrukturen klassifizieren und Prozessführungskonzepte für unterschiedliche Apparate und komplexe verfahrenstechnische Anlagen darstellen</li> <li>• Typen von Prozessmodellen und Modellgleichungen klassifizieren</li> <li>• Numerische Verfahren zur Simulation erklären</li> <li>• die Lösungssystematik bei der Flowsheet-Simulation erklären</li> <li>• Projektabläufe in der Anlagenplanung auflisten, darstellen und erläutern</li> <li>• Projektabläufe mit Hilfe der Netzplantechnik darstellen</li> </ul> |
| <i>Wissen</i>                                 |  |
| <i>Fertigkeiten</i>                           | Studierende sind nach erfolgreicher Teilnahme in der Lage: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prozessführungsziele zu formulieren und umzusetzen</li> <li>• Regelungsstrategien und -strukturen zu entwerfen und zu bewerten</li> <li>• Modellstruktur und Modellparameter aus der Simulation von Prozessen zu analysieren</li> <li>• die Berechnungsreihenfolge bei der Flowsheet-Simulation zu optimieren</li> <li>• Methoden des Projektmanagements auf verfahrenstechnische Vorhaben anzuwenden</li> </ul>   |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                  |  |
| <i>Sozialkompetenz</i>                        | Studierende sind in der Lage: <ul style="list-style-type: none"> <li>• in heterogenen Kleingruppen gemeinsam Lösungswege zu erarbeiten</li> </ul>  |
| <i>Selbstständigkeit</i>                      | Studierende sind in der Lage: <ul style="list-style-type: none"> <li>• sich anhand weiterführender Literatur zum Thema daraus Wissen zu erschließen</li> </ul>   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>              | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56  |
| <b>Leistungspunkte</b>                        | 6  |
| <b>Studienleistung</b>                        | Keine  |
| <b>Prüfung</b>                                | Klausur  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>              | 120 Min.   |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>       | Bioverfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht   |

### Lehrveranstaltung L0097: Prozess- und Anlagentechnik II

|            |           |
|------------|-----------|
| <b>Typ</b> | Vorlesung |
| <b>SWS</b> | 2         |
| <b>LP</b>  | 2         |

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b> | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>                  | Prof. Georg Fieg, Dr. Thomas Waluga   |
| <b>Sprachen</b>                  | DE  |
| <b>Zeitraum</b>                  | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>                    | <p>1. Prozessoptimierung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1.1 Einleitung <ul style="list-style-type: none"> <li>1.1.1 Anwendungsgebiete der Prozessoptimierung</li> <li>1.1.2 Formulierung eines Optimierungsproblems</li> <li>1.1.3 Strukturierte Vorgehensweise</li> <li>1.1.4 Klassen von Optimierungsproblemen</li> </ul> </li> <li>1.2. Unbeschränkte Optimierungsprobleme <ul style="list-style-type: none"> <li>1.2.1 Mathematische Formulierung</li> <li>1.2.2 Lösungsmethoden</li> </ul> </li> <li>1.3. Lineare Optimierung <ul style="list-style-type: none"> <li>1.3.1 Mathematische Formulierung</li> <li>1.3.2 Simplexverfahren von Dantzig</li> </ul> </li> </ul> <p>2. Prozessführung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2.1 Einführung</li> <li>2.2 Typische Regelungen verfahrenstechnischer Apparate</li> <li>2.3 Regelungsstrukturen</li> <li>2.4 Plantwide control</li> </ul> <p>3. Prozessmodellierung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>3.1 Typen von Prozessmodellen</li> <li>3.2 Typen von Modellgleichungen</li> <li>3.3 Anforderungen an Prozessmodelle</li> <li>3.4 Methoden der Modellentwicklung</li> <li>3.5 Typisches Beispiel für Modellentwicklung</li> </ul> <p>4. Prozesssimulation</p> <p>5. Anlagenplanung und -bau</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>5.1 Einführung</li> <li>5.2 Ablauf industrieller Projektabwicklung</li> <li>5.3 Praktische Teilaspekte industrieller Projektabwicklung</li> <li>5.4 Netzplantechnik</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>                 | <p>Literatur (Planung und Bau von Produktionsanlagen):</p> <p>G. Barnecker, Planung und Bau verfahrenstechnischer Anlagen, Springer Verlag, 2001</p> <p>F.P. Helmus, Anlagenplanung, Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 2003</p> <p>E. Klapp, Apparate- und Anlagentechnik, Springer -Verlag, Berlin, 1980</p> <p>P. Rinza, Projektmanagement: Planung, Überwachung und Steuerung von technischen und nichttechnischen Vorhaben, Düsseldorf, VDI-Verlag, 1994</p> <p>K. Sattler, W. Kasper, Verfahrertechnische Anlagen, Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 2000</p> <p>G.H. Vogel, Verfahrensentwicklung, Wiley-VCH, Weinheim, 2002</p>  |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>K.H. Weber, Inbetriebnahme verfahrenstechnischer Anlagen, VDI Verlag, Düsseldorf, 1996</p> <p>E. Wegener, Montagegerechte Anlagenplanung, Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 2003</p> |
|--|---|

| <b>Lehrveranstaltung L0098: Prozess- und Anlagentechnik II</b> |                                     |
|--|-------------------------------------|
| <b>Typ</b>   | Hörsaalübung                        |
| <b>SWS</b>   | 1                                   |
| <b>LP</b>  | 2                                   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                               | Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14  |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Georg Fieg, Dr. Thomas Waluga |
| <b>Sprachen</b>  | DE                                  |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe                                |
| <b>Inhalt</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung   |
| <b>Literatur</b>   | Siehe korrespondierende Vorlesung   |

| <b>Lehrveranstaltung L1215: Prozess- und Anlagentechnik II</b> |                                     |
|--|-------------------------------------|
| <b>Typ</b>   | Gruppenübung                        |
| <b>SWS</b>   | 1                                   |
| <b>LP</b>  | 2                                   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                               | Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14  |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Georg Fieg, Dr. Thomas Waluga |
| <b>Sprachen</b>  | DE                                  |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe                                |
| <b>Inhalt</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung   |
| <b>Literatur</b>   | Siehe korrespondierende Vorlesung   |

| Modul M0542: Strömungsmechanik in der Verfahrenstechnik |   |              |            |           |
|---|---|--------------|------------|-----------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                              |   |              |            |           |
| <b>Titel</b>  |   | <b>Typ</b>   | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
| Anwendungen der Strömungsmechanik in der VT (L0106)     |   | Hörsaalübung | 2          | 2         |
| Strömungsmechanik II (L0001)                            |   | Vorlesung    | 2          | 4         |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                            | Prof. Michael Schlüter  |              |            |           |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                        | Keine   |              |            |           |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematik I-III</li> <li>• Grundlagen der Strömungsmechanik</li> <li>• Technische Thermodynamik I-II</li> <li>• Wärme- und Stoffübertragung</li> </ul>  |              |            |           |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>           | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht   |              |            |           |
| <b>Fachkompetenz</b>                                    | <p><i>Wissen</i></p> <p>Studierende können verschiedene Anwendungen der Strömungsmechanik in den Vertiefungsrichtungen Verfahrenstechnik, Bioverfahrenstechnik, Energie- und Umwelttechnik und Regenerative Energien beschreiben. Sie können die Grundlagen der Strömungsmechanik den verschiedenen Anwendungen zuordnen und für konkrete Berechnungen abwandeln. Die Studierenden können einschätzen, welche strömungsmechanischen Probleme mit analytischen Lösungen berechnet werden können und welche alternativen Möglichkeiten (z.B. Selbstähnlichkeit am Beispiel des Freistrahls, empirische Lösungen am Beispiel der Forchheimer Gleichung, numerische Methoden am Beispiel der Large Eddy Simulation) zur Verfügung stehen.</p> <p><i>Fertigkeiten</i></p> <p>Studierende sind in der Lage, die Grundlagen der Strömungsmechanik auf technische Prozesse anzuwenden. Insbesondere können sie Impuls- und Massenbilanzen aufstellen, um damit technische Prozesse hydrodynamisch zu optimieren. Sie sind in der Lage, einen verbal geschilderten Zusammenhang in einen abstrakten Formalismus umzusetzen.</p> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i></p> <p>Die Studierenden können die vorgegebene Aufgabenstellungen in Kleingruppen diskutieren und einen gemeinsamen Lösungsweg erarbeiten.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i></p> <p>Studierende sind in der Lage, eigenständig Aufgaben für strömungsmechanische Problemstellungen zu definieren und sich das zur Lösung dieser Aufgaben notwendige Wissen, aufbauend auf dem vermittelten Wissen, selbst zu erarbeiten.</p> |              |            |           |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                        | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56   |              |            |           |
| <b>Leistungspunkte</b>                                  | 6   |              |            |           |
| <b>Studienleistung</b>                                  | Keine   |              |            |           |
| <b>Prüfung</b>  | Klausur   |              |            |           |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                        | 180 min   |              |            |           |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>                 | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Energie- und Umwelttechnik: Kernqualifikation: Pflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht  |              |            |           |

| Lehrveranstaltung L0106: Anwendungen der Strömungsmechanik in der VT |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Hörsaalübung   |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                     | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Michael Schlüter   |
| <b>Sprachen</b>  | DE   |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>  | Die Hörsaalübung dient zur Überführung der stark theoretischen Lehrinhalte aus der Vorlesung auf die praktische Anwendung bei der Berechnung der Hausaufgaben. Hierfür werden exemplarische Beispielaufgaben an der Tafel vorgerechnet die aufzeigen, wie das theoriebasierte Wissen zur Lösung einer konkreten Verfahrenstechnischen Fragestellung genutzt werden kann.   |
| <b>Literatur</b>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Brauer, H.: Grundlagen der Einphasen- und Mehrphasenströmungen. Verlag Sauerländer, Aarau, Frankfurt (M), 1971.</li> <li>2. Brauer, H.; Mewes, D.: Stoffaustausch einschließlich chemischer Reaktion. Frankfurt: Sauerländer 1972.</li> <li>3. Crowe, C. T.: Engineering fluid mechanics. Wiley, New York, 2009.</li> <li>4. Durst, F.: Strömungsmechanik: Einführung in die Theorie der Strömungen von Fluiden. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2006.</li> <li>5. Fox, R.W.; et al.: Introduction to Fluid Mechanics. J. Wiley &amp; Sons, 1994.</li> <li>6. Herwig, H.: Strömungsmechanik: Eine Einführung in die Physik und die mathematische Modellierung von Strömungen. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2006.</li> <li>7. Herwig, H.: Strömungsmechanik: Einführung in die Physik von technischen Strömungen: Vieweg+Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2008.</li> <li>8. Kuhlmann, H.C.: Strömungsmechanik. München, Pearson Studium, 2007</li> <li>9. Oertl, H.: Strömungsmechanik: Grundlagen, Grundgleichungen, Lösungsmethoden, Softwarebeispiele. Vieweg+ Teubner / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2009.</li> <li>10. Schade, H.; Kunz, E.: Strömungslehre. Verlag de Gruyter, Berlin, New York, 2007.</li> <li>11. Truckenbrodt, E.: Fluidmechanik 1: Grundlagen und elementare Strömungsvorgänge dichtebeständiger Fluide. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2008.</li> <li>12. Schlichting, H. : Grenzschicht-Theorie. Springer-Verlag, Berlin, 2006.</li> <li>13. van Dyke, M.: An Album of Fluid Motion. The Parabolic Press, Stanford California, 1882.</li> <li>14. White, F.: Fluid Mechanics, Mcgraw-Hill, ISBN-10: 0071311211, ISBN-13: 978-0071311212, 2011.</li> </ol> |

| Lehrveranstaltung L0001: Strömungsmechanik II |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>                                    | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>                                    | 2  |
| <b>LP</b>                                     | 4  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>              | Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>                               | Prof. Michael Schlüter   |
| <b>Sprachen</b>                               | DE   |
| <b>Zeitraum</b>                               | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Differenzialgleichungen zum Impuls-, Wärme- und Stoffaustausch</li> <li>• Beispiele für Vereinfachungen der Navier-Stokes Gleichungen</li> <li>• Instationärer Impulsaustausch</li> <li>• Freie Scherschichten, Turbulenz und Freistrah</li> <li>• Partikelumströmungen – Feststoffverfahrenstechnik</li> <li>• Kopplung Impuls- und Wärmetransport - Thermische VT</li> <li>• Kopplung Impuls- und Wärmetransport - Thermische VT</li> <li>• Rheologie – Bioverfahrenstechnik</li> <li>• Kopplung Impuls- und Stofftransport – Reaktives Mischen, Chemische VT</li> <li>• Strömung in porösen Medien – heterogene Katalyse</li> <li>• Pumpen und Turbinen - Energie- und Umwelttechnik</li> <li>• Wind- und Wellenkraftanlagen - Regenerative Energien</li> <li>• Einführung in die numerische Strömungssimulation</li> </ul>  |
| <b>Literatur</b>                              | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Brauer, H.: Grundlagen der Einphasen- und Mehrphasenströmungen. Verlag Sauerländer, Aarau, Frankfurt (M), 1971.</li> <li>2. Brauer, H.; Mewes, D.: Stoffaustausch einschließlich chemischer Reaktion. Frankfurt: Sauerländer 1972.</li> <li>3. Crowe, C. T.: Engineering fluid mechanics. Wiley, New York, 2009.</li> <li>4. Durst, F.: Strömungsmechanik: Einführung in die Theorie der Strömungen von Fluiden. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2006.</li> <li>5. Fox, R.W.; et al.: Introduction to Fluid Mechanics. J. Wiley &amp; Sons, 1994.</li> <li>6. Herwig, H.: Strömungsmechanik: Eine Einführung in die Physik und die mathematische Modellierung von Strömungen. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2006.</li> <li>7. Herwig, H.: Strömungsmechanik: Einführung in die Physik von technischen Strömungen: Vieweg+Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2008.</li> <li>8. Kuhlmann, H.C.: Strömungsmechanik. München, Pearson Studium, 2007</li> <li>9. Oertl, H.: Strömungsmechanik: Grundlagen, Grundgleichungen, Lösungsmethoden, Softwarebeispiele. Vieweg+ Teubner / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2009.</li> <li>10. Schade, H.; Kunz, E.: Strömungslehre. Verlag de Gruyter, Berlin, New York, 2007.</li> <li>11. Truckenbrodt, E.: Fluidmechanik 1: Grundlagen und elementare Strömungsvorgänge dichtebeständiger Fluide. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2008.</li> <li>12. Schlichting, H. : Grenzschicht-Theorie. Springer-Verlag, Berlin, 2006.</li> <li>13. van Dyke, M.: An Album of Fluid Motion. The Parabolic Press, Stanford California, 1882.</li> </ol> |

## Modul M0895: Chemische Reaktionstechnik - Vertiefung

### Lehrveranstaltungen

| Titel   | Typ            | SWS | LP |
|---|----------------|-----|----|
| Chemische Reaktionstechnik (Vertiefung) (L0222)           | Vorlesung      | 2   | 2  |
| Chemische Reaktionstechnik (Vertiefung) (L0245)           | Hörsaalübung   | 2   | 2  |
| Praktikum Chemische Reaktionstechnik (Vertiefung) (L0287) | Laborpraktikum | 2   | 2  |

|   |  |             |  |
|---|--|-------------|--|
| <b>Modulverantwortlicher</b>                  | Prof. Raimund Horn   |             |  |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>              | Keine  |             |  |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>               | Vorlesungsinhalt aus dem Bachelor-Basismodul "Chemische Reaktionstechnik".   |             |  |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |             |  |
| <b>Fachkompetenz</b>                          | <p>Nach absolvieren des Modules sind Studierende in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- die Unterschiede zwischen realen und idealen Reaktoren aufzuzählen,</li> <li>- grundlegende Unterschiede in kinetischen Modellen für katalysierte Reaktionen abzuleiten,</li> <li>- Modellierungsverfahren für reale Reaktoren zu benennen.</li> </ul>  |             |  |
| <i>Wissen</i>                                 |  |             |  |
| <b>Fertigkeiten</b>                           | <p>Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- die Eigenschaften realer Reaktoren zu evaluieren</li> <li>- kinetische Modelle heterogen-katalysierter Reaktionen einander gegenüberzustellen sowie Messmethoden zur Verifizierung der Modelle festzulegen</li> <li>- die Sensoren für Temperatur-, Druck-, Konzentrations- und Massendurchflussmessungen entsprechend den Betriebsbedingungen auszuwählen</li> <li>- ein Konzept für eine statistische Versuchsplanung zu entwickeln.</li> </ul> |             |  |
| <i>Fertigkeiten</i>                           |  |             |  |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                  | <p>Die Studierenden können sich nach Absolvieren des Praktikums in Kleingruppen organisieren, Fragestellungen analysieren und geeignete Lösungsansätze erarbeiten und diese nach wissenschaftlichen Richtlinien dokumentieren. Die Studierenden können ihr fachspezifisches Wissen mündlich reflektieren und mit Mitstudierenden und Lehrpersonal diskutieren.</p>   |             |  |
| <i>Sozialkompetenz</i>                        |  |             |  |
| <i>Selbstständigkeit</i>                      | <p>Die Studierenden können selbstständig Informationen zur Experimentvorbereitung beschaffen und deren Relevanz bewerten.</p>  |             |  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>              | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84   |             |  |
| <b>Leistungspunkte</b>                        | 6  |             |  |
| <b>Studienleistung</b>                        | <b>Verpflichtend</b>   | <b>Form</b> | <b>Art der Studienleistung</b> <b>Beschreibung</b> |
|   | Ja   | Keiner      | Fachtheoretisch-fachpraktische Studienleistung     |
| <b>Prüfung</b>                                | Klausur  |             |  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>              | 120 min  |             |  |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>       | Bioverfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht<br>Verfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht  |             |  |



| <b>Lehrveranstaltung L0222: Chemische Reaktionstechnik (Vertiefung)</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Raimund Horn  |
| <b>Sprachen</b>   | DE  |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>   | <p>1. Reale Reaktoren (Definition der Verweilzeitverteilungen und der Verweilzeitsummenfunktion, Messmethoden für Verweilzeitverteilungen, Kenntnis der Verweilzeitverteilungen idealer Reaktoren, Modellierung realer Reaktoren, Segregationsmodell, Zellenmodell, Dispersionsmodell, Ersatzschaltungen)</p> <p>2. Heterogene Katalyse (Definition eines Katalysators, Funktionsprinzip eines Katalysators, Vulkankurve, Homogene Katalyse, Heterogene Katalyse und Biokatalyse, Definition von Physisorption und Chemisorption, Turn-Over Frequenz (TOF), Prinzip von Sabatier, Bronstedt-Evans-Polyani-Gleichung, Adsorptionsisothermen ein- und mehrkomponentiger Systeme, Kinetische Modelle Heterogen-Katalytischer Reaktionen, Langmuir-Hinshelwood, Eley-Rideal, Potenzansätze, Messmethoden für heterogen-katalytische Reaktionskinetiken, Mikrokinetische Modellierung, Charakterisierung von Katalysatoren)</p> <p>3. Diffusionseffekte in der Heterogenen Katalyse (Diffusionsarten, Knudsen-Diffusion, Molekulare Diffusion, Oberflächendiffusion, Single-File Diffusion, Bezugssysteme, Stefan-Maxwell-Gleichungen, Ficksches Gesetz, Porenwirkungsgrades, Auswirkungen von Diffusionshemmung, Damköhler-Beziehung, Material- und Waerme-Bilanzen Heterogen-Katalytischer Reaktoren)</p> <p>4. Labormessverfahren in der Heterogenen Katalyse (Temperatur, Druck, Konzentrationen, Massendurchflussmesser, Laborreaktoren, Statistische Versuchsplanung)</p>  |
| <b>Literatur</b>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vorlesungsfolien R. Horn</li> <li>2. Skript zur Vorlesung F. Keil</li> <li>3. M. Baerns, A. Behr, A. Brehm, J. Gmehling, H. Hofmann, U. Onken, A. Renken, Technische Chemie, Wiley-VCH</li> <li>4. G. Emig, E. Klemm, Technische Chemie, Springer</li> <li>5. A. Behr, D. W. Agar, J. Jörissen, Einführung in die Technische Chemie</li> <li>6. E. Müller-Erlwein, Chemische Reaktionstechnik 2012, 2. Auflage, Teubner Verlag</li> <li>7. J. Hagen, Chemiereaktoren: Auslegung und Simulation, 2004, Wiley-VCH</li> <li>8. H. S. Fogler, Elements of Chemical Reaction Engineering, Prentice Hall B</li> <li>9. H. S. Fogler, Essentials of Chemical Reaction Engineering, Prentice Hall</li> <li>10. O. Levenspiel, Chemical Reaction Engineering, John Wiley &amp; Sons, 1998</li> <li>11. L. D. Schmidt, The Engineering of Chemical Reactions, Oxford Univ. Press, 2009</li> <li>12. J. B. Butt, Reaction Kinetics and Reactor Design, 2000, Marcel Dekker</li> <li>13. R. Aris, Elementary Chemical Reactor Analysis, Dover Pubn. Inc., 2000</li> <li>14. M. E. Davis, R. J. Davis, Fundamentals of Chemical Reaction Engineering, McGraw Hill</li> <li>15. G. F. Froment, K. B. Bischoff, J. De Wilde, Chemical Reactor Analysis and Design, John Wiley &amp; Sons, 2010</li> <li>16. A. Jess, P. Wasserscheid, Chemical Technology An Integrated Textbook, WILEY-VCH</li> <li>17. C. G. Hill, An Introduction to Chemical Engineering Kinetics &amp; Reactor Design, John Wiley &amp; Sons</li> </ol> |

| <b>Lehrveranstaltung L0245: Chemische Reaktionstechnik (Vertiefung)</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Hörsaalübung  |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Raimund Horn, Dr. Oliver Korup  |
| <b>Sprachen</b>   | DE  |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>   | <p>1. Reale Reaktoren (Definition der Verweilzeitverteilungen und der Verweilzeitsummenfunktion, Messmethoden für Verweilzeitverteilungen, Kenntnis der Verweilzeitverteilungen idealer Reaktoren, Modellierung realer Reaktoren, Segregationsmodell, Zellenmodell, Dispersionsmodell, Ersatzschaltungen)</p> <p>2. Heterogene Katalyse (Definition eines Katalysators, Funktionsprinzip eines Katalysators, Vulkankurve, Homogene Katalyse, Heterogene Katalyse und Biokatalyse, Definition von Physisorption und Chemisorption, Turn-Over Frequenz (TOF), Prinzip von Sabatier, Bronstedt-Evans-Polyani-Gleichung, Adsorptionsisothermen ein- und mehrkomponentiger Systeme, Kinetische Modelle Heterogen-Katalytischer Reaktionen, Langmuir-Hinshelwood, Eley-Rideal, Potenzansätze, Messmethoden für heterogen-katalytische Reaktionskinetiken, Mikrokinetische Modellierung, Charakterisierung von Katalysatoren)</p> <p>3. Diffusionseffekte in der Heterogenen Katalyse (Diffusionsarten, Knudsen-Diffusion, Molekulare Diffusion, Oberflächendiffusion, Single-File Diffusion, Bezugssysteme, Stefan-Maxwell-Gleichungen, Ficksches Gesetz, Porenwirkungsgrades, Auswirkungen von Diffusionshemmung, Damköhler-Beziehung, Material- und Waerme-Bilanzen Heterogen-Katalytischer Reaktoren)</p> <p>4. Labormessverfahren in der Heterogenen Katalyse (Temperatur, Druck, Konzentrationen, Massendurchflussmesser, Laborreaktoren, Statistische Versuchsplanung)</p>  |
| <b>Literatur</b>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vorlesungsfolien R. Horn</li> <li>2. Skript zur Vorlesung F. Keil</li> <li>3. M. Baerns, A. Behr, A. Brehm, J. Gmehling, H. Hofmann, U. Onken, A. Renken, Technische Chemie, Wiley-VCH</li> <li>4. G. Emig, E. Klemm, Technische Chemie, Springer</li> <li>5. A. Behr, D. W. Agar, J. Jörissen, Einführung in die Technische Chemie</li> <li>6. E. Müller-Erlwein, Chemische Reaktionstechnik 2012, 2. Auflage, Teubner Verlag</li> <li>7. J. Hagen, Chemiereaktoren: Auslegung und Simulation, 2004, Wiley-VCH</li> <li>8. H. S. Fogler, Elements of Chemical Reaction Engineering, Prentice Hall B</li> <li>9. H. S. Fogler, Essentials of Chemical Reaction Engineering, Prentice Hall</li> <li>10. O. Levenspiel, Chemical Reaction Engineering, John Wiley &amp; Sons, 1998</li> <li>11. L. D. Schmidt, The Engineering of Chemical Reactions, Oxford Univ. Press, 2009</li> <li>12. J. B. Butt, Reaction Kinetics and Reactor Design, 2000, Marcel Dekker</li> <li>13. R. Aris, Elementary Chemical Reactor Analysis, Dover Publ. Inc., 2000</li> <li>14. M. E. Davis, R. J. Davis, Fundamentals of Chemical Reaction Engineering, McGraw Hill</li> <li>15. G. F. Froment, K. B. Bischoff, J. De Wilde, Chemical Reactor Analysis and Design, John Wiley &amp; Sons, 2010</li> <li>16. A. Jess, P. Wasserscheid, Chemical Technology An Integrated Textbook, WILEY-VCH</li> <li>17. C. G. Hill, An Introduction to Chemical Engineering Kinetics &amp; Reactor Design, John Wiley &amp; Sons</li> </ol> |

| <b>Lehrveranstaltung L0287: Praktikum Chemische Reaktionstechnik (Vertiefung)</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Laborpraktikum   |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Raimund Horn, Dr. Achim Bartsch  |
| <b>Sprachen</b>   | DE/EN  |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>   | <p>Durchführung und Auswertung mehrerer Versuche aus dem Gebiet der Chemischen Reaktionstechnik.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Fehlerfortpflanzung und Fehleranalyse</li> <li>* Stationäre Wicke-Kallenbach Diffusionsmessungen im Katalysatorpellet</li> <li>* Wechselwirkung von Diffusion und Reaktion im Katalysatorpellet, Dissoziation von Methanol auf Zinkoxid</li> <li>* Stofftransport in einem Gas/Flüssigkeitssystem</li> <li>* Stabilität eines kontinuierlichen Rührkessels (Hydrolyse von Essigsäureanhydrid)</li> </ul>   |
| <b>Literatur</b>  | <p>Skript zur Vorlesung, als Buch in der TU-Bibliothek</p> <p>Praktikumsskript</p> <p>Levenspiel, O.: Chemical reaction engineering; John Wiley &amp; Sons, New York, 3. Ed., 1999 VTM 309(LB)</p> <p>Smith, J. M.: Chemical Engineering Kinetics, McGraw Hill, New York, 1981.</p> <p>Hill, C.: Chemical Engineering Kinetics &amp; Reactor Design, John Wiley, New York, 1977.</p> <p>Fogler, H. S. : Elements of Chemical Reaction Engineering , Prentice Hall, 2006</p> <p>M. Baerns, A. Behr, A. Brehm, J. Gmehling, H. Hofmann, U. Onken, A. Renken: Technische Chemie, VCH , 2006</p> <p>G. F. Froment, K. B. Bischoff: Chemical Reactor Analysis and Design, Wiley, 1990</p> |

## Modul M0896: Bioprocess and Biosystems Engineering

### Lehrveranstaltungen

| Titel  | Typ   | SWS | LP |
|--|---|-----|----|
| Auslegung und Betrieb von Bioreaktoren (L1034) | Vorlesung                                     | 2   | 2  |
| Bioreaktoren und Biosystemtechnik (L1037)      | Projekt-/problembasierte<br>Lehrveranstaltung | 1   | 2  |
| Biosystemtechnik (L1036)                       | Vorlesung                                     | 2   | 2  |

|                              |                    |
|------------------------------|--------------------|
| <b>Modulverantwortlicher</b> | Prof. An-Ping Zeng |
|------------------------------|--------------------|

|                                  |      |
|----------------------------------|------|
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b> | None |
|----------------------------------|------|

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b> | Knowledge of bioprocess engineering and process engineering at bachelor level |
|---------------------------------|---|

|   |   |
|---|---|
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
|---|---|

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>Fachkompetenz</b>         | <p>After completion of this module, participants will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>differentiate between different kinds of bioreactors and describe their key features</li> <li>identify and characterize the peripheral and control systems of bioreactors</li> <li>depict integrated biosystems (bioprocesses including up- and downstream processing)</li> <li>name different sterilization methods and evaluate those in terms of different applications</li> <li>recall and define the advanced methods of modern systems-biological approaches</li> <li>connect the multiple "omics"-methods and evaluate their application for biological questions</li> <li>recall the fundamentals of modeling and simulation of biological networks and biotechnological processes and to discuss their methods</li> <li>assess and apply methods and theories of genomics, transcriptomics, proteomics and metabolomics in order to quantify and optimize biological processes at molecular and process levels.</li> </ul> |
| <i>Wissen</i>                |  |
| <i>Fertigkeiten</i>          | <p>After completion of this module, participants will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>describe different process control strategies for bioreactors and chose them after analysis of characteristics of a given bioprocess</li> <li>plan and construct a bioreactor system including peripherals from lab to pilot plant scale</li> <li>adapt a present bioreactor system to a new process and optimize it</li> <li>develop concepts for integration of bioreactors into bioproduction processes</li> <li>combine the different modeling methods into an overall modeling approach, to apply these methods to specific problems and to evaluate the achieved results critically</li> <li>connect all process components of biotechnological processes for a holistic system view.</li> </ul>  |
| <b>Personale Kompetenzen</b> |  |
| <i>Sozialkompetenz</i>       | <p>After completion of this module, participants will be able to debate technical questions in small teams to enhance the ability to take position to their own opinions and increase their capacity for teamwork.</p> <p>The students can reflect their specific knowledge orally and discuss it with other students and teachers.</p>  |
| <i>Selbstständigkeit</i>     | <p>After completion of this module, participants will be able to solve a technical problem in teams of approx. 8-12 persons independently including a presentation of the results.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li></li> </ul>  |

| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>        | Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70  |                         |              |                         |              |    |      |         |  |
|---|--|-------------------------|--------------|-------------------------|--------------|----|------|---------|--|
| <b>Leistungspunkte</b>                  | 6  |                         |              |                         |              |    |      |         |  |
| <b>Studienleistung</b>                  | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Verpflichtend</th> <th>Anteil</th> <th>Art der Studienleistung</th> <th>Beschreibung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ja</td> <td>20 %</td> <td>Referat</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>   | Verpflichtend           | Anteil       | Art der Studienleistung | Beschreibung | Ja | 20 % | Referat |  |
| Verpflichtend                           | Anteil   | Art der Studienleistung | Beschreibung |                         |              |    |      |         |  |
| Ja                                      | 20 %   | Referat                 |              |                         |              |    |      |         |  |
| <b>Prüfung</b>                          | Klausur  |                         |              |                         |              |    |      |         |  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>        | 120 min  |                         |              |                         |              |    |      |         |  |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b> | Bioverfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Kernqualifikation: Pflicht<br>Environmental Engineering: Vertiefung Biotechnologie: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht |                         |              |                         |              |    |      |         |  |

| <b>Lehrveranstaltung L1034: Bioreactor Design and Operation</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. An-Ping Zeng   |
| <b>Sprachen</b>   | EN   |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>   | <p><b>Design of bioreactors and peripheries:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• reactor types and geometry</li> <li>• materials and surface treatment</li> <li>• agitation system design</li> <li>• insertion of stirrer</li> <li>• sealings</li> <li>• fittings and valves</li> <li>• peripherals</li> <li>• materials</li> <li>• standardization</li> <li>• demonstration in laboratory and pilot plant</li> </ul> <p><b>Sterile operation:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• theory of sterilisation processes</li> <li>• different sterilisation methods</li> <li>• sterilisation of reactor and probes</li> <li>• industrial sterile test, automated sterilisation</li> <li>• introduction of biological material</li> <li>• autoclaves</li> <li>• continuous sterilisation of fluids</li> <li>• deep bed filters, tangential flow filters</li> <li>• demonstration and practice in pilot plant</li> </ul> <p><b>Instrumentation and control:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• temperature control and heat exchange</li> <li>• dissolved oxygen control and mass transfer</li> <li>• aeration and mixing</li> <li>• used gassing units and gassing strategies</li> <li>• control of agitation and power input</li> <li>• pH and reactor volume, foaming, membrane gassing</li> </ul> <p><b>Bioreactor selection and scale-up:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• selection criteria</li> <li>• scale-up and scale-down</li> <li>• reactors for mammalian cell culture</li> </ul> <p><b>Integrated biosystem:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• interactions and integration of microorganisms, bioreactor and downstream processing</li> <li>• Miniplant technologies</li> </ul> <p><b>Team work with presentation:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Operation mode of selected bioprocesses (e.g. fundamentals of batch, fed-batch and continuous cultivation)</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Storhas, Winfried, Bioreaktoren und periphere Einrichtungen, Braunschweig: Vieweg, 1994</li> <li>• Chmiel, Horst, Bioprozeßtechnik; Springer 2011</li> <li>• Krahe, Martin, Biochemical Engineering, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry</li> <li>• Pauline M. Doran, Bioprocess Engineering Principles, Second Edition, Academic Press, 2013</li> <li>• Other lecture materials to be distributed</li> </ul>  |

| <b>Lehrveranstaltung L1037: Bioreactors and Biosystems Engineering</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung   |
| <b>SWS</b>   | 1  |
| <b>LP</b>  | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                       | Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14   |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. An-Ping Zeng   |
| <b>Sprachen</b>  | EN   |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>  | <p><b>Introduction to Biosystems Engineering (Exercise)</b></p> <p><b>Experimental basis and methods for biosystems analysis</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to genomics, transcriptomics and proteomics</li> <li>• More detailed treatment of metabolomics</li> <li>• Determination of in-vivo kinetics</li> <li>• Techniques for rapid sampling</li> <li>• Quenching and extraction</li> <li>• Analytical methods for determination of metabolite concentrations</li> </ul> <p><b>Analysis, modelling and simulation of biological networks</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metabolic flux analysis</li> <li>• Introduction</li> <li>• Isotope labelling</li> <li>• Elementary flux modes</li> <li>• Mechanistic and structural network models</li> <li>• Regulatory networks</li> <li>• Systems analysis</li> <li>• Structural network analysis</li> <li>• Linear and non-linear dynamic systems</li> <li>• Sensitivity analysis (metabolic control analysis)</li> </ul> <p><b>Modelling and simulation for bioprocess engineering</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelling of bioreactors</li> <li>• Dynamic behaviour of bioprocesses</li> </ul> <p><b>Selected projects for biosystems engineering</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Miniaturisation of bioreaction systems</li> <li>• Miniplant technology for the integration of biosynthesis and downstream processing</li> <li>• Technical and economic overall assessment of bioproduction processes</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>   | <p>E. Klipp et al. Systems Biology in Practice, Wiley-VCH, 2006</p> <p>R. Dohrn: Miniplant-Technik, Wiley-VCH, 2006</p> <p>G.N. Stephanopoulos et. al.: Metabolic Engineering, Academic Press, 1998</p> <p>I.J. Dunn et. al.: Biological Reaction Engineering, Wiley-VCH, 2003</p> <p>Lecture materials to be distributed</p>  |

| <b>Lehrveranstaltung L1036: Biosystems Engineering</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>   | 2   |
| <b>LP</b>  | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                       | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. An-Ping Zeng  |
| <b>Sprachen</b>  | EN  |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>  | <p><b>Introduction to Biosystems Engineering</b></p> <p><b>Experimental basis and methods for biosystems analysis</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to genomics, transcriptomics and proteomics</li> <li>• More detailed treatment of metabolomics</li> <li>• Determination of in-vivo kinetics</li> <li>• Techniques for rapid sampling</li> <li>• Quenching and extraction</li> <li>• Analytical methods for determination of metabolite concentrations</li> </ul> <p><b>Analysis, modelling and simulation of biological networks</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metabolic flux analysis</li> <li>• Introduction</li> <li>• Isotope labelling</li> <li>• Elementary flux modes</li> <li>• Mechanistic and structural network models</li> <li>• Regulatory networks</li> <li>• Systems analysis</li> <li>• Structural network analysis</li> <li>• Linear and non-linear dynamic systems</li> <li>• Sensitivity analysis (metabolic control analysis)</li> </ul> <p><b>Modelling and simulation for bioprocess engineering</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelling of bioreactors</li> <li>• Dynamic behaviour of bioprocesses</li> </ul> <p><b>Selected projects for biosystems engineering</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Miniaturisation of bioreaction systems</li> <li>• Miniplant technology for the integration of biosynthesis and downstream processing</li> <li>• Technical and economic overall assessment of bioproduction processes</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>                                       | <p>E. Klipp et al. Systems Biology in Practice, Wiley-VCH, 2006</p> <p>R. Dohrn: Miniplant-Technik, Wiley-VCH, 2006</p> <p>G.N. Stephanopoulos et. al.: Metabolic Engineering, Academic Press, 1998</p> <p>I.J. Dunn et. al.: Biological Reaction Engineering, Wiley-VCH, 2003</p> <p>Lecture materials to be distributed</p>   |

| Modul M0904: Projektierungskurs               |  |     |    |
|---|--|-----|----|
| Lehrveranstaltungen                           |  |     |    |
| Titel   | Typ  | SWS | LP |
| Projektierungskurs (L1050)                    | Projektierungskurs   | 6   | 6  |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                  | Dozenten des SD V  |     |    |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>              | Keine  |     |    |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Partikeltechnologie und Feststoffverfahrenstechnik</li> <li>• Transportprozesse</li> <li>• Prozess- und Anlagentechnik II</li> <li>• Strömungsmechanik in der Verfahrenstechnik</li> <li>• Chemische Reaktionstechnik - Vertiefung</li> <li>• Bioprozess- und Biosystemstechnik</li> </ul>  |     |    |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |     |    |
| <b>Fachkompetenz</b>                          | <p>Nach erfolgreicher Teilnahme am Projektierungskurs wissen die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wie ein Team zur Bearbeitung einer komplexen verfahrenstechnischen Aufgabe zusammenarbeitet</li> <li>• welche Planungswerkzeuge für die zur Auslegung eines verfahrenstechnischen Prozesses benötigt werden</li> <li>• welche Hindernisse und Schwierigkeiten bei der Auslegung eines verfahrenstechnischen Prozesses auftreten</li> </ul>   |     |    |
| <i>Wissen</i>                                 |  |     |    |
| <b>Fertigkeiten</b>                           | <p>Studierende sind nach erfolgreicher Teilnahme in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auslegungswerkzeuge auf eine konkrete verfahrenstechnische Aufgabenstellung anzuwenden,</li> <li>• Verfahrenstechnische Anlagenkomponenten für ein Gesamtsystem auszuwählen und zu verknüpfen,</li> <li>• Alle wesentlichen Daten für die ökonomische und ökologische Bewertung eines Anlagenkonzeptes zusammenzustellen,</li> <li>• Methoden des Projektmanagements auf verfahrenstechnische Vorhaben anzuwenden.</li> </ul> |     |    |
| <i>Fertigkeiten</i>                           |  |     |    |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                  | <p>Die Studierenden können in international besetzten teams auf englisch diskutieren und unter Zeitdruck einen Lösungsweg erarbeiten.</p>  |     |    |
| <i>Sozialkompetenz</i>                        |  |     |    |
| <b>Selbstständigkeit</b>                      | <p>Studierende sind in der Lage, eigenständig Aufgaben zu definieren, hierfür notwendiges Wissen aufbauend auf dem vermittelten Wissen selbst zu erarbeiten sowie geeignete Mittel zur Umsetzung einzusetzen. Sie können sich selbst im Team organisieren und Prioritäten vergeben.</p>  |     |    |
| <i>Selbstständigkeit</i>                      |  |     |    |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>              | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84   |     |    |
| <b>Leistungspunkte</b>                        | 6  |     |    |
| <b>Studienleistung</b>                        | Keine  |     |    |
| <b>Prüfung</b>                                | Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit  |     |    |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>              | .  |     |    |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>       | Bioverfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Kernqualifikation: Pflicht<br>Energie- und Umwelttechnik: Vertiefung Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht   |     |    |

| <b>Lehrveranstaltung L1050: Projektierungskurs</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Projektierungskurs  |
| <b>SWS</b>   | 6   |
| <b>LP</b>  | 6   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                   | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84  |
| <b>Dozenten</b>                                    | NN  |
| <b>Sprachen</b>                                    | DE/EN   |
| <b>Zeitraum</b>                                    | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>                                      | Im Projektierungskurs sollen die Studierenden in Arbeitsgruppen den Gesamtkomplex einer energie- oder verfahrenstechnischen Anlage planen, die einzelnen Anlagenkomponenten auslegen und berechnen sowie eine vollständige Kostenkalkulation erarbeiten. Bei der Projektierung sind sicherheitstechnische Aspekte zu berücksichtigen sowie das Genehmigungsverfahren/Behördenengineering. |
| <b>Literatur</b>                                   |   |

## Fachmodule der Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik

### Modul M0513: Systemaspekte regenerativer Energien

#### Lehrveranstaltungen

| Titel   | Typ          | SWS | LP |
|---|--------------|-----|----|
| Brennstoffzellen, Batterien und Gasspeicher: Neue Materialien für die Energieerzeugung und -speicherung (L0021) | Vorlesung    | 2   | 2  |
| Energiehandel und Energiemärkte (L0019)   | Vorlesung    | 1   | 1  |
| Energiehandel und Energiemärkte (L0020)   | Gruppenübung | 1   | 1  |
| Tiefe Geothermie (L0025)  | Vorlesung    | 2   | 2  |

**Modulverantwortlicher** Prof. Martin Kaltschmitt

**Zulassungsvoraussetzungen** Keine

**Empfohlene Vorkenntnisse**

Modul: Technische Thermodynamik I  
 Modul: Technische Thermodynamik II

**Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse**

Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht

**Fachkompetenz**

*Wissen*

Die Studierenden können mit Abschluss dieses Moduls die Prozesse im Energiehandel und die Gestaltung der Energiemärkte beschreiben und kritisch in Bezug zu aktuellen Problemstellungen bewerten. Des Weiteren sind sie in der Lage die thermodynamischen Grundlagen der elektrochemischen Energiewandlung in Brennstoffzellen zu erklären und den Bezug zu verschiedenen Bauarten von Brennstoffzellen und deren jeweiligem Aufbau herzustellen und zu erläutern. Die Studenten können diese Technologie mit weiteren Energiespeichermöglichkeiten vergleichen. Zusätzlich können die Studenten einen Überblick über die Verfahrensweise und der energetischen Einbindung von tiefer Geothermie geben.

*Fertigkeiten*

Die Studierenden können das erlernte Wissen zur Speicherung überschüssiger Energie anwenden, um für unterschiedlicher Energiesysteme Lösungsansätze für eine versorgungssichere Energiebereitstellung erläutern. Insbesondere können sie diesbezüglich häusliche, gewerbliche und industrielle Beheizungsanlagen unter Anwendung von Speichern energiesparend planen und berechnen, und im Bezug zu komplexen Energiesystemen beurteilen. In diesem Zusammenhang können die Studierenden die Potenziale und Grenzen von Geothermieanlagen einschätzen und deren Funktionsweise erläutern.

**Personale Kompetenzen**

*Sozialkompetenz*

Die Studierenden können Problemstellungen in den angrenzenden Themengebieten im Bereich erneuerbarer Energien, die innerhalb des Moduls vertieft wurden, diskutieren.

*Selbstständigkeit*

Die Studierenden können sich selbstständig Quellen über die Schwerpunkte der Vorlesungen erschließen und sich das darin enthaltene Wissen aneignen.

**Arbeitsaufwand in Stunden** Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84

**Leistungspunkte** 6

**Studienleistung** Keine

**Prüfung** Klausur

**Prüfungsdauer und -umfang** 3 Stunden

Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht  
 Energie- und Umwelttechnik: Vertiefung Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht  
 Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Regenerative Energien:

|   |   |
|---|---|
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b> | Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Kernqualifikation: Pflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht |
|---|---|

| <b>Lehrveranstaltung L0021: Brennstoffzellen, Batterien und Gasspeicher: Neue Materialien für die Energieerzeugung und -speicherung</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Michael Fröba  |
| <b>Sprachen</b>   | DE   |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung in die elektrochemische Energiewandlung</li> <li>2. Funktion und Aufbau von Elektrolyten</li> <li>3. Die Niedertemperatur-Brennstoffzellen                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Bauformen</li> <li>◦ Thermodynamik der PEM-Brennstoffzelle</li> <li>◦ Kühl- und Befeuchtungsstrategie</li> </ul> </li> <li>4. Die Hochtemperatur-Brennstoffzelle                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Die MCFC</li> <li>◦ Die SOFC</li> <li>◦ Integrationsstrategien und Teilreformierung</li> </ul> </li> <li>5. Brennstoffe                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Bereitstellung von Brennstoffen</li> <li>◦ Reformierung von Erdgas und Biogas</li> <li>◦ Reformierung von flüssigen Kohlenwasserstoffen</li> </ul> </li> <li>6. Energetische Integration und Regelung von Brennstoffzellen-Systemen</li> </ol> |
| <b>Literatur</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hamann, C.; Vielstich, W.: Elektrochemie 3. Aufl.; Weinheim: Wiley - VCH, 2003</li> </ul>   |

| <b>Lehrveranstaltung L0019: Energiehandel und Energiemärkte</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 1  |
| <b>LP</b>   | 1  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14   |
| <b>Dozenten</b>   | Michael Sagorje, Dr. Sven Orłowski   |
| <b>Sprachen</b>   | DE   |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundbegriffe und handelbare Produkte in Energiemärkten</li> <li>• Primärenergiemärkte</li> <li>• Strommärkte</li> <li>• Europäisches Emissionshandelssystem</li> <li>• Einfluss von Erneuerbaren Energien</li> <li>• Realoptionen</li> <li>• Risikomanagement</li> </ul> <p>Innerhalb der Übung werden die verschiedenen Aufgabenstellungen aktiv diskutiert und auf verschiedene Anwendungsfälle angewandt.</p> |
| <b>Literatur</b>  |  |

| <b>Lehrveranstaltung L0020: Energiehandel und Energiemärkte</b> |                                    |
|---|------------------------------------|
| <b>Typ</b>  | Gruppenübung                       |
| <b>SWS</b>  | 1                                  |
| <b>LP</b>   | 1                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| <b>Dozenten</b>   | Michael Sagorje, Dr. Sven Orłowski |
| <b>Sprachen</b>   | DE                                 |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe                               |
| <b>Inhalt</b>   | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

| <b>Lehrveranstaltung L0025: Tiefe Geothermie</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>                                       | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>                                       | 2   |
| <b>LP</b>  | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                 | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>                                  | Dr. Ben Norden  |
| <b>Sprachen</b>                                  | DE  |
| <b>Zeitraum</b>                                  | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>                                    | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung in die tiefe geothermische Nutzung</li> <li>2. Geologische Grundlagen I</li> <li>3. Geologische Grundlagen II</li> <li>4. Geologisch-thermische Aspekte</li> <li>5. Gesteinsphysikalische Aspekte</li> <li>6. Geochemische Aspekte</li> <li>7. Exploration tiefer geothermischer Reservoirs</li> <li>8. Bohrungstechnologien, Verrohrung und Ausbau</li> <li>9. Bohrlochgeophysik</li> <li>10. Untertägige Systemcharakterisierung und Reservoirengineering</li> <li>11. Mikrobiologie und Obertägige Systemkomponenten</li> <li>12. Angepasste Anlagenkonzepte, Kosten und Umweltaspekt</li> </ol>  |
| <b>Literatur</b>                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dipippo, R.: Geothermal Power Plants: Principles, Applications, Case Studies and Environmental Impact. Butterworth Heinemann; 3rd revised edition. (29. Mai 2012)</li> <li>• <a href="http://www.geo-energy.org">www.geo-energy.org</a></li> <li>• Edenhofer et al. (eds): Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation; Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2012.</li> <li>• Kaltschmitt et al. (eds): Erneuerbare Energien: Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. Springer, 5. Aufl. 2013.</li> <li>• Kaltschmitt et al. (eds): Energie aus Erdwärme. Spektrum Akademischer Verlag; Auflage: 1999 (3. September 2001)</li> <li>• Huenges, E. (ed.): Geothermal Energy Systems: Exploration, Development, and Utilization. Wiley-VCH Verlag GmbH &amp; Co. KGaA; Auflage: 1. Auflage (19. April 2010)</li> </ul> |

| Modul M0874: Abwassersysteme   |  |            |           |  |
|--|--|------------|-----------|--|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>   |  |            |           |  |
| <b>Titel</b>   | <b>Typ</b>   | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |  |
| Abwassersysteme - Erfassung, Behandlung und Wiederverwendung (L0934) | Vorlesung  | 2          | 2         |  |
| Abwassersysteme - Erfassung, Behandlung und Wiederverwendung (L0943) | Hörsaalübung   | 1          | 1         |  |
| Physikalische und chemische Abwasserbehandlung (L0357)               | Vorlesung  | 2          | 2         |  |
| Physikalische und chemische Abwasserbehandlung (L0358)               | Hörsaalübung   | 1          | 1         |  |
| <b>Modulverantwortlicher</b>   | Prof. Ralf Otterpohl   |            |           |  |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                                     | Keine  |            |           |  |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                                      | Kenntnis abwasserwasserwirtschaftlicher Maßnahmenfelder sowie der zentralen Prozesse der Abwasserwasseraufbereitung  |            |           |  |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>                        | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |            |           |  |
| <b>Fachkompetenz</b>   | Die Studierenden können die ganze Breite der Anlagentechniken bei siedlungswasserwirtschaftlichen Maßnahmen und deren gegenseitige Abhängigkeit für einen nachhaltigen Gewässerschutz beschreiben. Sie können relevante ökonomische, ökologische und soziale Aspekte wiedergeben.  |            |           |  |
| <i>Wissen</i>  |  |            |           |  |
| <i>Fertigkeiten</i>  | Studierende können verfügbare Abwasseraufbereitungsverfahren in der Breite der Anwendungen für Vorentwürfe auslegen und erklären, sowohl für kommunale als auch für einige industrielle Anlagen.   |            |           |  |
| <b>Personale Kompetenzen</b>   | Im Rahmen dieses Moduls werden Sozialkompetenzen nicht gezielt angesprochen.   |            |           |  |
| <i>Sozialkompetenz</i>   |  |            |           |  |
| <i>Selbstständigkeit</i>   | Die Studierenden sind in der Lage selbstständig und planvoll ein Thema zu erarbeiten und dieses zu präsentieren.   |            |           |  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                     | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84   |            |           |  |
| <b>Leistungspunkte</b>   | 6  |            |           |  |
| <b>Studienleistung</b>   | Keine  |            |           |  |
| <b>Prüfung</b>   | Klausur  |            |           |  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                                     | 120 min  |            |           |  |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>                              | Bauingenieurwesen: Vertiefung Tragwerke: Wahlpflicht<br>Bauingenieurwesen: Vertiefung Tiefbau: Wahlpflicht<br>Bauingenieurwesen: Vertiefung Hafenbau und Küstenschutz: Wahlpflicht<br>Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Pflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Energie- und Umwelttechnik: Vertiefung Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Environmental Engineering: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Pflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Pflicht |            |           |  |

| <b>Lehrveranstaltung L0934: Wastewater Systems - Collection, Treatment and Reuse</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>   | 2   |
| <b>LP</b>  | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Ralf Otterpohl  |
| <b>Sprachen</b>  | EN  |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Understanding the global situation with water and wastewater</li> <li>• Regional planning and decentralised systems</li> <br/> <li>• Overview on innovative approaches</li> <li>• In depth knowledge on advanced wastewater treatment options for different situations, for end-of-pipe and reuse</li> <li>• Mathematical Modelling of Nitrogen Removal</li> <li>• Exercises with calculations and design</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>   | <p>Henze, Mogens:<br/>Wastewater Treatment: Biological and Chemical Processes, Springer 2002, 430 pages</p> <p>George Tchobanoglous, Franklin L. Burton, H. David Stensel:<br/>Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, Metcalf &amp; Eddy<br/>McGraw-Hill, 2004 - 1819 pages</p>   |

| <b>Lehrveranstaltung L0943: Wastewater Systems - Collection, Treatment and Reuse</b> |                                    |
|--|------------------------------------|
| <b>Typ</b>   | Hörsaalübung                       |
| <b>SWS</b>   | 1                                  |
| <b>LP</b>  | 1                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Ralf Otterpohl               |
| <b>Sprachen</b>  | EN                                 |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe                               |
| <b>Inhalt</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>   | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

| <b>Lehrveranstaltung L0357: Physikalische und chemische Abwasserbehandlung</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>  | Dr. Joachim Behrendt   |
| <b>Sprachen</b>  | DE   |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>  | <p>Überblick über weitergehende Abwasserreinigung</p> <p>Wiederverwendung aufbereiteten kommunalen Abwassers</p> <p>Fällung</p> <p>Flockung</p> <p>Tiefenfiltration</p> <p>Membranverfahren</p> <p>Aktivkohleadsorption</p> <p>Ozonisierung</p> <p>"Advanced Oxidation Processes"</p> <p>Desinfektion</p>  |
| <b>Literatur</b>   | <p>Metcalf &amp; Eddy, Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, McGraw-Hill, Boston 2003</p> <p>Wassertechnologie, H.H. Hahn, Springer-Verlag, Berlin 1987</p> <p>Membranverfahren: Grundlagen der Modul- und Anlagenauslegung, T. Melin und R. Rautenbach, Springer-Verlag, Berlin 2007</p> <p>Trinkwasserdesinfektion: Grundlagen, Verfahren, Anlagen, Geräte, Mikrobiologie, Chlorung, Ozonung, UV-Bestrahlung, Membranfiltration, Qualitätssicherung, W. Roeske, Oldenbourg-Verlag, München 2006</p> <p>Organische Problemstoffe in Abwässern, H. Gulyas, GFEU, Hamburg 2003</p> |

| <b>Lehrveranstaltung L0358: Physikalische und chemische Abwasserbehandlung</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Hörsaalübung   |
| <b>SWS</b>   | 1  |
| <b>LP</b>  | 1  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14   |
| <b>Dozenten</b>  | Dr. Joachim Behrendt   |
| <b>Sprachen</b>  | DE   |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>  | <p>Organische Summenparameter</p> <p>Industrieabwasser</p> <p>Verfahren zur Industrieabwasserbehandlung</p> <p>Fällung</p> <p>Flockung</p> <p>Aktivkohleadsorption</p> <p>Refraktäre organische Stoffe</p>   |
| <b>Literatur</b>   | <p>Metcalf &amp; Eddy, Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, McGraw-Hill, Boston 2003</p> <p>Wassertechnologie, H.H. Hahn, Springer-Verlag, Berlin 1987</p> <p>Membranverfahren: Grundlagen der Modul- und Anlagenauslegung, T. Melin und R. Rautenbach, Springer-Verlag, Berlin 2007</p> <p>Trinkwasserdesinfektion: Grundlagen, Verfahren, Anlagen, Geräte, Mikrobiologie, Chlorung, Ozonung, UV-Bestrahlung, Membranfiltration, Qualitätssicherung, W. Roeske, Oldenbourg-Verlag, München 2006</p> <p>Organische Problemstoffe in Abwässern, H. Gulyas, GFEU, Hamburg 2003</p> |

| Modul M0617: Hochdruckverfahrenstechnik            |   |               |                                |
|--|---|---------------|--------------------------------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                         |   |               |                                |
| <b>Titel</b>                                       | <b>Typ</b>  | <b>SWS</b>    | <b>LP</b>                      |
| Hochdrucktechnik im Apparatebau (L1278)            | Vorlesung   | 2             | 2                              |
| Industrielle Verfahren unter Hohen Drücken (L0116) | Vorlesung   | 2             | 2                              |
| Moderne Trennverfahren (L0094)                     | Vorlesung   | 2             | 2                              |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                       | Dr. Monika Johannsen  |               |                                |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                   | Keine   |               |                                |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                    | Grundlagen der Chemie, Chemische und Thermische Verfahrenstechnik, Fluidverfahrenstechnik, Trenntechnik, Thermodynamik, Mehrphasengleichgewichte  |               |                                |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>      | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht   |               |                                |
| <b>Fachkompetenz</b>                               | <p>Nach erfolgreicher Teilnahme können Studierende:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• den Einfluss des Drucks auf die physikalisch-chemischen und thermodynamischen Eigenschaften eines Fluids erklären,</li> <li>• thermodynamische Grundlagen für Verfahren mit überkritischen Fluiden beschreiben,</li> <li>• Modelle zur Beschreibung von Feststoffextraktion und Gegenstromextraktion erläutern,</li> <li>• Parameter zur Optimierung von Prozessen mit überkritischen Fluiden diskutieren.</li> </ul>  |               |                                |
| <i>Wissen</i>                                      |   |               |                                |
| <b>Fachkompetenz</b>                               | <p>Nach erfolgreicher Teilnahme sind Studierende in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trennverfahren mit überkritischen Fluiden und mit konventionellen Lösungsmitteln zu vergleichen,</li> <li>• bei gegebener Trennaufgabe das Anwendungspotential von Hochdruckverfahren zu beurteilen,</li> <li>• Hochdruckverfahren im Ablauf einer vorgegebenen komplexen Industrieanwendung einzuplanen,</li> <li>• die Wirtschaftlichkeit von Hochdruckverfahren hinsichtlich Investition und Betriebskosten einzuschätzen,</li> <li>• unter Anleitung einen experimentellen Versuch an einer Hochdruckanlage durchzuführen,</li> <li>• experimentelle Ergebnisse zu beurteilen,</li> <li>• ein Versuchsprotokoll anzufertigen.</li> </ul> |               |                                |
| <i>Fertigkeiten</i>                                |   |               |                                |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                       | <p>Nach erfolgreicher Teilnahme sind Studierende in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• in 2er Teams wissenschaftliche Artikel zu präsentieren und die Inhalte gemeinsam zu verteidigen</li> </ul>   |               |                                |
| <i>Sozialkompetenz</i>                             |   |               |                                |
| <i>Selbstständigkeit</i>                           |   |               |                                |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                   | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84  |               |                                |
| <b>Leistungspunkte</b>                             | 6   |               |                                |
| <b>Studienleistung</b>                             | <b>Verpflichtend</b>  | <b>Anteil</b> | <b>Art der Studienleistung</b> |
|  | Ja  | 15 %          | Referat                        |
| <b>Prüfung</b>                                     | Klausur   |               |                                |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                   | 120 min   |               |                                |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>            | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht   |               |                                |

|  |  |
|--|--|
|  | Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht |
|--|--|

| Lehrveranstaltung L1278: Hochdrucktechnik im Apparatebau |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>   | 2   |
| <b>LP</b>  | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                         | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Arne Pietsch  |
| <b>Sprachen</b>  | DE/EN   |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rechtliche Grundlagen (Gesetz, Verordnung, Richtlinie, Standard/Norm)</li> <li>2. Berechnungsgrundlagen Druckgeräte (AD-Regelwerk, ASME-Regelwerk, GL Vorschriften, weitere Berechnungsmethoden)</li> <li>3. Spannungshypothesen</li> <li>4. Werkstoffauswahl, Fertigungsverfahren</li> <li>5. Dünnwandige Behälter</li> <li>6. Dickwandige Behälter</li> <li>7. Sicherheitseinrichtungen</li> <li>8. Sicherheitsanalysen</li> </ol> <p style="text-align: center;">Anwendungsschwerpunkte</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>9. Unterwassertechnik (bemannte und unbemannte Druckbehälter, PVHO Code)</li> <li>10. Dampfkessel</li> <li>11. Wärmetauscher</li> <li>12. LPG, LEG Transport-tanks (Bilobe Bauart, IMO Type C tanks)</li> </ol> |
| <b>Literatur</b>   | Apparate und Armaturen in der chemischen Hochdrucktechnik, Springer Verlag<br>Spain and Paauwe: High Pressure Technology, Vol. I und II, M. Dekker Verlag<br>AD-Merkblätter, Heumanns Verlag<br>Bertuccio; Vetter: High Pressure Process Technology, Elsevier Verlag<br>Sherman; Stadtmuller: Experimental Techniques in High-Pressure Research, Wiley & Sons Verlag<br>Klapp: Apparate- und Anlagentechnik, Springer Verlag  |

| Lehrveranstaltung L0116: Industrial Processes Under High Pressure |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>   | Dr. Carsten Zetzl  |
| <b>Sprachen</b>   | EN   |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>   | Part I : Physical Chemistry and Thermodynamics <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introduction: Overview, achieving high pressure, range of parameters.</li> <li>2. Influence of pressure on properties of fluids: P,v,T-behaviour, enthalpy, internal energy, entropy, heat capacity, viscosity, thermal conductivity, diffusion coefficients, interfacial tension.</li> <li>3. Influence of pressure on heterogeneous equilibria: Phenomenology of phase equilibria</li> <li>4. Overview on calculation methods for (high pressure) phase equilibria). Influence of pressure on transport processes, heat and mass transfer.</li> </ol> Part II : High Pressure Processes <ol style="list-style-type: none"> <li>5. Separation processes at elevated pressures: Absorption, adsorption (pressure swing adsorption), distillation (distillation of air), condensation (liquefaction of gases)</li> <li>6. Supercritical fluids as solvents: Gas extraction, cleaning, solvents in reacting systems,</li> </ol> |

|                         |   |
|-------------------------|---|
|                         | <p>dyeing, impregnation, particle formation (formulation)</p> <p>7. Reactions at elevated pressures. Influence of elevated pressure on biochemical systems: Resistance against pressure</p> <p><b>Part III : Industrial production</b></p> <p>8. Reaction : Haber-Bosch-process, methanol-synthesis, polymerizations; Hydrations, pyrolysis, hydrocracking; Wet air oxidation, supercritical water oxidation (SCWO)</p> <p>9. Separation : Linde Process, De-Caffeination, Petrol and Bio-Refinery</p> <p>10. Industrial High Pressure Applications in Biofuel and Biodiesel Production</p> <p><b>Inhalt</b> 11. Sterilization and Enzyme Catalysis</p> <p>12. Solids handling in high pressure processes, feeding and removal of solids, transport within the reactor.</p> <p>13. Supercritical fluids for materials processing.</p> <p>14. Cost Engineering</p> <p>Learning Outcomes:<br/>After a successful completion of this module, the student should be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- understand of the influences of pressure on properties of compounds, phase equilibria, and production processes.</li> <li>- Apply high pressure approaches in the complex process design tasks</li> <li>- Estimate Efficiency of high pressure alternatives with respect to investment and operational costs</li> </ul> <p>Performance Record:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Presence (28 h)</li> <li>2. Oral presentation of original scientific article (15 min) with written summary</li> <li>3. Written examination and Case study<br/>( 2+3 : 32 h Workload)</li> </ol> <p>Workload:<br/>60 hours total</p> |
| <p><b>Literatur</b></p> | <p>Literatur:</p> <p>Script: High Pressure Chemical Engineering.<br/>G. Brunner: Gas Extraction. An Introduction to Fundamentals of Supercritical Fluids and the Application to Separation Processes. Steinkopff, Darmstadt, Springer, New York, 1994.</p>  |

| <b>Lehrveranstaltung L0094: Advanced Separation Processes</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                              | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>   | Dr. Monika Johannsen  |
| <b>Sprachen</b>   | EN  |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction/Overview on Properties of Supercritical Fluids (SCF) and their Application in Gas Extraction Processes</li> <li>• Solubility of Compounds in Supercritical Fluids and Phase Equilibrium with SCF</li> <li>• Extraction from Solid Substrates: Fundamentals, Hydrodynamics and Mass Transfer</li> <li>• Extraction from Solid Substrates: Applications and Processes (including Supercritical Water)</li> <li>• Countercurrent Multistage Extraction: Fundamentals and Methods, Hydrodynamics and Mass Transfer</li> <li>• Countercurrent Multistage Extraction: Applications and Processes</li> <li>• Solvent Cycle, Methods for Precipitation</li> <li>• Supercritical Fluid Chromatography (SFC): Fundamentals and Application</li> <li>• Simulated Moving Bed Chromatography (SMB)</li> <li>• Membrane Separation of Gases at High Pressures</li> <li>• Separation by Reactions in Supercritical Fluids (Enzymes)</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>  | G. Brunner: Gas Extraction. An Introduction to Fundamentals of Supercritical Fluids and the Application to Separation Processes. Steinkopff, Darmstadt, Springer, New York, 1994.   |

| Modul M0875: Nexus Engineering - Water, Soil, Food and Energy                             |  |            |            |           |
|---|--|------------|------------|-----------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>  |  |            |            |           |
| <b>Titel</b>  |  | <b>Typ</b> | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
| Entwurf von ökologischen Dörfern - Wasser, Energie, Boden und Nahrungsmittelnexus (L1229) |  | Seminar    | 2          | 2         |
| Wasser- & Abwassersysteme im globalen Kontext (L0939)                                     |  | Vorlesung  | 2          | 4         |
| <b>Modulverantwortlicher</b>  | Prof. Ralf Otterpohl   |            |            |           |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>  | None   |            |            |           |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>   | Basic knowledge of the global situation with rising poverty, soil degradation, migration to cities, lack of water resources and sanitation   |            |            |           |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>   | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |            |            |           |
| <b>Fachkompetenz</b>  |  |            |            |           |
| <i>Wissen</i>   | Students can describe the facets of the global water situation. Students can judge the enormous potential of the implementation of synergistic systems in Water, Soil, Food and Energy supply.   |            |            |           |
| <i>Fertigkeiten</i>   | Students are able to design ecological settlements for different geographic and socio-economic conditions for the main climates around the world.  |            |            |           |
| <b>Personale Kompetenzen</b>  |  |            |            |           |
| <i>Sozialkompetenz</i>  | The students are able to develop a specific topic in a team and to work out milestones according to a given plan.  |            |            |           |
| <i>Selbstständigkeit</i>  | Students are in a position to work on a subject and to organize their work flow independently. They can also present on this subject.  |            |            |           |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56  |            |            |           |
| <b>Leistungspunkte</b>  | 6  |            |            |           |
| <b>Studienleistung</b>  | Keine  |            |            |           |
| <b>Prüfung</b>  | Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit  |            |            |           |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>  | Semesterbegleitend werden Meilensteine erarbeitet, vorgetragen und schriftlich festgehalten. Genauer findet man ab jeweiligem Semesterbeginn im Stud Ip Kurs im herunterladbarem Modulhandbuch.  |            |            |           |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>   | Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Environmental Engineering: Kernqualifikation: Wahlpflicht<br>Joint European Master in Environmental Studies - Cities and Sustainability: Kernqualifikation: Pflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht |            |            |           |

| <b>Lehrveranstaltung L1229: Ecological Town Design - Water, Energy, Soil and Food Nexus</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Seminar  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Ralf Otterpohl   |
| <b>Sprachen</b>   | EN   |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Participants Workshop: Design of the most attractive productive Town</li> <li>• Keynote lecture and video</li> <li>• The limits of Urbanization / Green Cities</li> <li>• The tragedy of the Rural: Soil degradation, agro chemical toxification, migration to cities</li> <li>• Global Ecovillage Network: Upsides and Downsides around the World</li> <li>• Visit of an Ecovillage</li> <li>• Participants Workshop: Resources for thriving rural areas, Short presentations by participants, video competition</li> <li>• TUHH Rural Development Toolbox</li> <li>• Integrated New Town Development</li> <li>• Participants workshop: Design of New Towns: Northern, Arid and Tropical cases</li> <li>• Outreach: Participants campaign</li> <li>• City with the Rural: Resilience, quality of live and productive biodiversity</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ralf Otterpohl 2013: Gründer-Gruppen als Lebensentwurf: "Synergistische Wertschöpfung in erweiterten Kleinstadt- und Dorfstrukturen", in „Regionales Zukunftsmanagement Band 7: Existenzgründung unter regionalökonomischer Perspektive, Pabst Publisher, Lengerich</li> <li>• <a href="http://youtu.be/9hmkgn0nBgc">http://youtu.be/9hmkgn0nBgc</a> (Miracle Water Village, India, Integrated Rainwater Harvesting, Water Efficiency, Reforestation and Sanitation)</li> <li>• TEDx New Town Ralf Otterpohl: <a href="http://youtu.be/_M0J2u9BrbU">http://youtu.be/_M0J2u9BrbU</a></li> </ul>  |

| <b>Lehrveranstaltung L0939: Water &amp; Wastewater Systems in a Global Context</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>   | 2   |
| <b>LP</b>  | 4   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Ralf Otterpohl  |
| <b>Sprachen</b>  | EN  |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Keynote lecture and video</li> <li>• Water &amp; Soil: Water availability as a consequence of healthy soils</li> <li>• Water and it's utilization, Integrated Urban Water Management</li> <li>• Water &amp; Energy, lecture and panel discussion pro and con for a specific big dam project</li> <li>• Rainwater Harvesting on Catchment level, Holistic Planned Grazing, Multi-Use-Reforestation</li> <li>• Sanitation and Reuse of water, nutrients and soil conditioners, Conventional and Innovative Approaches</li> <li>• Why are there excreta in water? Public Health, Awareness Campaigns</li> <li>• Rehearsal session, Q&amp;A</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Montgomery, David R. 2007: Dirt: The Erosion of Civilizations, University of California Press</li> <li>• Liu, John D.: <a href="http://eempc.org/hope-in-a-changing_climate/">http://eempc.org/hope-in-a-changing_climate/</a> (Integrated regeneration of the Loess Plateau, China, and sites in Ethiopia and Rwanda)</li> <li>• <a href="http://youtu.be/9hmkgn0nBgc">http://youtu.be/9hmkgn0nBgc</a> (Miracle Water Village, India, Integrated Rainwater Harvesting, Water Efficiency, Reforestation and Sanitation)</li> </ul>   |

| Modul M0636: Cell and Tissue Engineering        |  |            |                      |
|---|--|------------|----------------------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                      |  |            |                      |
| <b>Titel</b>                                    |  | <b>Typ</b> | <b>SWS</b> <b>LP</b> |
| Grundlagen von Zell- und Gewebekulturen (L0355) |  | Vorlesung  | 2            3       |
| Medizinische Bioverfahrenstechnik (L0356)       |  | Vorlesung  | 2            3       |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                    | Prof. Ralf Pörtner   |            |                      |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                | None   |            |                      |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                 | Knowledge of bioprocess engineering and process engineering at bachelor level  |            |                      |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>   | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |            |                      |
| <b>Fachkompetenz</b>                            | <p>After successful completion of the module the students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- know the basic principles of cell and tissue culture</li> <li>- know the relevant metabolic and physiological properties of animal and human cells</li> </ul>   |            |                      |
| <i>Wissen</i>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- are able to explain and describe the basic underlying principles of bioreactors for cell and tissue cultures, in contrast to microbial fermentations</li> <li>- are able to explain the essential steps (unit operations) in downstream</li> <li>- are able to explain, analyze and describe the kinetic relationships and significant litigation strategies for cell culture reactors</li> </ul> |            |                      |
| <i>Fertigkeiten</i>                             | <p>The students are able</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- to analyze and perform mathematical modeling to cellular metabolism at a higher level</li> <li>- are able to to develop process control strategies for cell culture systems</li> </ul>   |            |                      |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                    |  |            |                      |
| <i>Sozialkompetenz</i>                          | <p>After completion of this module, participants will be able to debate technical questions in small teams to enhance the ability to take position to their own opinions and increase their capacity for teamwork.</p> <p>The students can reflect their specific knowledge orally and discuss it with other students and teachers.</p>  |            |                      |
| <i>Selbstständigkeit</i>                        | <p>After completion of this module, participants will be able to solve a technical problem in teams of approx. 8-12 persons independently including a presentation of the results.</p>   |            |                      |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56  |            |                      |
| <b>Leistungspunkte</b>                          | 6  |            |                      |
| <b>Studienleistung</b>                          | Keine  |            |                      |
| <b>Prüfung</b>                                  | Klausur  |            |                      |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                | 120 min  |            |                      |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>         | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht      |            |                      |

| <b>Lehrveranstaltung L0355: Fundamentals of Cell and Tissue Engineering</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Ralf Pörtner, Prof. An-Ping Zeng   |
| <b>Sprachen</b>   | EN   |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>   | Overview of cell culture technology and tissue engineering (cell culture product manufacturing, complexity of protein therapeutics, examples of tissue engineering) (Pörtner, Zeng) Fundamentals of cell biology for process engineering (cells: source, composition and structure. interactions with environment, growth and death - cell cycle, protein glycolysation) (Pörtner) Cell physiology for process engineering (Overview of central metabolism, genomics etc.) (Zeng) Medium design (impact of media on the overall cell culture process, basic components of culture medium, serum and protein-free media) (Pörtner) Stoichiometry and kinetics of cell growth and product formation (growth of mammalian cells, quantitative description of cell growth & product formation, kinetics of growth) |
| <b>Literatur</b>  | Butler, M (2004) Animal Cell Culture Technology - The basics, 2 <sup>nd</sup> ed. Oxford University Press<br>Ozturk SS, Hu WS (eds) (2006) Cell Culture Technology For Pharmaceutical and Cell-Based Therapies. Taylor & Francis Group, New York<br>Eibl, R.; D. Eibl; R. Pörtner; G. Catapano and P. Czermak: Cell and Tissue Reaction Engineering, Springer (2008). ISBN 978-3-540-68175-5<br>Pörtner R (ed) (2013) Animal Cell Biotechnology - Methods and Protocols. Humana Press  |

| <b>Lehrveranstaltung L0356: Bioprocess Engineering for Medical Applications</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Ralf Pörtner  |
| <b>Sprachen</b>   | EN  |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>   | Requirements for cell culture processes, shear effects, microcarrier technology Reactor systems for mammalian cell culture (production systems) (design, layout, scale-up: suspension reactors (stirrer, aeration, cell retention), fixed bed, fluidized bed (carrier), hollow fiber reactors (membranes), dialysis reactors, Reactor systems for Tissue Engineering, Prozess strategies (batch, fed-batch, continuous, perfusion, mathematical modelling), control (oxygen, substrate etc.) • Downstream |
| <b>Literatur</b>  | Butler, M (2004) Animal Cell Culture Technology - The basics, 2 <sup>nd</sup> ed. Oxford University Press<br>Ozturk SS, Hu WS (eds) (2006) Cell Culture Technology For Pharmaceutical and Cell-Based Therapies. Taylor & Francis Group, New York<br>Eibl, R.; D. Eibl; R. Pörtner; G. Catapano and P. Czermak: Cell and Tissue Reaction Engineering, Springer (2008). ISBN 978-3-540-68175-5<br>Pörtner R (ed) (2013) Animal Cell Biotechnology - Methods and Protocols. Humana Press                     |

| Modul M0914: Technical Microbiology           |  |               |                                |                          |
|---|--|---------------|--------------------------------|--------------------------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                    |  |               |                                |                          |
| <b>Titel</b>                                  |  | <b>Typ</b>    | <b>SWS</b>                     | <b>LP</b>                |
| Angewandte Molekularbiologie (L0877)          |  | Vorlesung     | 2                              | 3                        |
| Technische Mikrobiologie (L0999)              |  | Vorlesung     | 2                              | 2                        |
| Technische Mikrobiologie (L1000)              |  | Hörsaalübung  | 1                              | 1                        |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                  | Dr. Anna Krüger  |               |                                |                          |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>              | None   |               |                                |                          |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>               | Bachelor with basic knowledge in microbiology and genetics   |               |                                |                          |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |               |                                |                          |
| <b>Fachkompetenz</b>                          | <p>After successfully finishing this module, students are able</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>to give an overview of genetic processes in the cell</li> <li>to explain the application of industrial relevant biocatalysts</li> <li>to explain and prove genetic differences between pro- and eukaryotes</li> </ul>  |               |                                |                          |
| <i>Wissen</i>                                 |  |               |                                |                          |
| <b>Fachkompetenz</b>                          | <p>After successfully finishing this module, students are able</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>to explain and use advanced molecularbiological methods</li> <li>to recognize problems in interdisciplinary fields</li> </ul>  |               |                                |                          |
| <i>Fertigkeiten</i>                           |  |               |                                |                          |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                  | <p>Students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>write protocols and PBL-summaries in teams</li> <li>to lead and advise members within a PBL-unit in a group</li> <li>develop and distribute work assignments for given problems</li> </ul>  |               |                                |                          |
| <i>Sozialkompetenz</i>                        |  |               |                                |                          |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                  | <p>Students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>search information for a given problem by themselves</li> <li>prepare summaries of their search results for the team</li> <li>make themselves familiar with new topics</li> </ul>   |               |                                |                          |
| <i>Selbstständigkeit</i>                      |  |               |                                |                          |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>              | Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70  |               |                                |                          |
| <b>Leistungspunkte</b>                        | 6  |               |                                |                          |
| <b>Studienleistung</b>                        | <b>Verpflichtend</b>   | <b>Anteil</b> | <b>Art der Studienleistung</b> | <b>Beschreibung</b>      |
|   | Nein   | 10 %          | Gruppendiskussion              | PBL Diskussionen         |
|   | Nein   | 10 %          | Übungsaufgaben                 | Multiple Choice Aufgaben |
| <b>Prüfung</b>                                | Klausur  |               |                                |                          |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>              | 60 min Klausur   |               |                                |                          |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>       | Bioverfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Kernqualifikation: Pflicht<br>Environmental Engineering: Kernqualifikation: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht |               |                                |                          |

| Lehrveranstaltung L0877: Applied Molecular Biology |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>   | 2   |
| <b>LP</b>  | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                   | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>                                    | Prof. Garabed Antranikian   |
| <b>Sprachen</b>                                    | EN  |
| <b>Zeitraum</b>                                    | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>                                      | Lecture and PBL<br>- Methods in genetics / molecular cloning<br>- Industrial relevance of microbes and their biocatalysts<br>- Biotransformation at extreme conditions<br>- Genomics<br>- Protein engineering techniques<br>- Synthetic biology |
| <b>Literatur</b>                                   | Relevante Literatur wird im Kurs zur Verfügung gestellt.<br>Grundwissen in Molekularbiologie, Genetik, Mikrobiologie und Biotechnologie erforderlich.<br>Lehrbuch: Brock - Mikrobiologie / Microbiology (Madigan et al.)                        |

| Lehrveranstaltung L0999: Technical Microbiology |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>                                      | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>                                      | 2  |
| <b>LP</b>                                       | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>                                 | Dr. Anna Krüger  |
| <b>Sprachen</b>                                 | EN   |
| <b>Zeitraum</b>                                 | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• History of microbiology and biotechnology</li> <li>• Enzymes</li> <li>• Molecular biology</li> <li>• Fermentation</li> <li>• Downstream Processing</li> <li>• Industrial microbiological processes</li> <li>• Technical enzyme application</li> <li>• Biological Waste Water treatment</li> </ul>   |
| <b>Literatur</b>                                | <p><b>Microbiology</b>, 2013, Madigan, M., Martinko, J. M., Stahl, D. A., Clark, D. P. (eds.), formerly „Brock“, Pearson</p> <p><b>Industrielle Mikrobiologie</b>, 2012, Sahm, H., Antranikian, G., Stahmann, K.-P., Takors, R. (eds.) Springer Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo.</p> <p><b>Angewandte Mikrobiologie</b>, 2005, Antranikian, G. (ed.), Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo.</p> |

| <b>Lehrveranstaltung L1000: Technical Microbiology</b> |                                    |
|--|------------------------------------|
| <b>Typ</b>   | Hörsaalübung                       |
| <b>SWS</b>   | 1                                  |
| <b>LP</b>  | 1                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                       | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| <b>Dozenten</b>  | Dr. Christin Burkhardt             |
| <b>Sprachen</b>  | EN                                 |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe                               |
| <b>Inhalt</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>                                       | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

| Modul M0714: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen |  |
|---|--|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                                |  |
| <b>Titel</b>  | <b>Typ</b> <b>SWS</b> <b>LP</b>  |
| Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen (L0576)      | Vorlesung                      2                      3  |
| Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen (L0582)      | Gruppenübung                      2                      3   |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                              | Prof. Sabine Le Borne  |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                          | Keine  |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematik I, II, III für Ingenieurstudierende (deutsch oder englisch) oder Analysis &amp; Lineare Algebra I + II sowie Analysis III für Technomathematiker</li> <li>• MATLAB Grundkenntnisse</li> </ul>  |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>             | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |
| <b>Fachkompetenz</b>                                      | Studierende können   |
| <i>Wissen</i>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• numerische Verfahren zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen benennen und deren Kernideen erläutern,</li> <li>• Konvergenzaussagen (inklusive der an das zugrundeliegende Problem gestellten Voraussetzungen) zu den behandelten numerischen Verfahren wiedergeben,</li> <li>• Aspekte der praktischen Durchführung numerischer Verfahren erklären.</li> <li>• Wählen Sie die entsprechende numerische Methode für konkrete Probleme, implementieren die numerischen Algorithmen effizient und interpretieren die numerischen Ergebnisse</li> </ul> |
| <i>Fertigkeiten</i>                                       | Studierende sind in der Lage, <ul style="list-style-type: none"> <li>• numerische Methoden zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen in MATLAB zu implementieren, anzuwenden und zu vergleichen,</li> <li>• das Konvergenzverhalten numerischen Methoden in Abhängigkeit vom gestellten Problem und des verwendeten Lösungsalgorithmus zu begründen,</li> <li>• zu gegebener Problemstellung einen geeigneten Lösungsansatz zu entwickeln, gegebenenfalls durch Zusammensetzen mehrerer Algorithmen, diesen durchzuführen und die Ergebnisse kritisch auszuwerten.</li> </ul>                  |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                              | Studierende können   |
| <i>Sozialkompetenz</i>                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• in heterogen zusammengesetzten Teams (d.h. aus unterschiedlichen Studiengängen und mit unterschiedlichem Hintergrundwissen) zusammenarbeiten, sich theoretische Grundlagen erklären sowie bei praktischen Implementierungsaspekten der Algorithmen unterstützen.</li> </ul>   |
| <i>Selbstständigkeit</i>                                  | Studierende sind fähig, <ul style="list-style-type: none"> <li>• selbst einzuschätzen, ob sie die begleitenden theoretischen und praktischen Übungsaufgaben besser allein oder im Team lösen,</li> <li>• ihren Lernstand konkret zu beurteilen und gegebenenfalls gezielt Fragen zu stellen und Hilfe zu suchen.</li> </ul>  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                          | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56  |
| <b>Leistungspunkte</b>                                    | 6  |
| <b>Studienleistung</b>                                    | Keine  |
| <b>Prüfung</b>  | Klausur  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                          | 90 min   |
|   | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht   |

|   |   |
|---|---|
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b> | Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht<br>Energietechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht<br>Flugzeug-Systemtechnik: Vertiefung Flugzeugsysteme: Wahlpflicht<br>Mathematical Modelling in Engineering: Theory, Numerics, Applications: Vertiefung I.<br>Numerics (TUHH): Pflicht<br>Mechatronik: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht<br>Technomathematik: Vertiefung I. Mathematik: Wahlpflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Pflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht |
|---|---|

| <b>Lehrveranstaltung L0576: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>   | 2   |
| <b>LP</b>  | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Sabine Le Borne, Dr. Christian Seifert  |
| <b>Sprachen</b>  | DE/EN   |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>  | Numerische Verfahren für Anfangswertprobleme <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einschrittverfahren</li> <li>• Mehrschrittverfahren</li> <li>• Steife Probleme</li> <li>• Differentiell-algebraische Gleichungen vom Index 1</li> </ul> Numerische Verfahren für Randwertaufgaben <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehrzielmethode</li> <li>• Differenzenverfahren</li> <li>• Variationsmethoden</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• E. Hairer, S. Noersett, G. Wanner: Solving Ordinary Differential Equations I: Nonstiff Problems</li> <li>• E. Hairer, G. Wanner: Solving Ordinary Differential Equations II: Stiff and Differential-Algebraic Problems</li> </ul>  |

| <b>Lehrveranstaltung L0582: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Gruppenübung                                 |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28           |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Sabine Le Borne, Dr. Christian Seifert |
| <b>Sprachen</b>  | DE/EN  |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung            |
| <b>Literatur</b>   | Siehe korrespondierende Vorlesung            |

| M o d u l M1033: Sondergebiete der Verfahrenstechnik und Bioverfahrenstechnik |  |            |           |
|---|--|------------|-----------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>  |  |            |           |
| <b>Titel</b>  | <b>Typ</b>   | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
| Chemische Kinetik (L0508)   | Vorlesung  | 2          | 2         |
| Feststoffverfahrenstechnik in der chemischen Industrie (L2021)                | Vorlesung  | 2          | 2         |
| Grenzflächen und Kolloide (L0194)   | Vorlesung  | 2          | 2         |
| Industrielle Anorganische und Organische Prozesse (L0531)                     | Vorlesung  | 2          | 2         |
| Industrielle Biotechnologie in der Chemischen Industrie (L2276)               | Vorlesung  | 2          | 3         |
| Optik für Ingenieure (L2437)  | Vorlesung  | 2          | 2         |
| Optik für Ingenieure (L2438)  | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung   | 2          | 2         |
| Polymerisationstechnik (L1244)  | Vorlesung  | 2          | 2         |
| Praxis in der Bioverfahrenstechnik (L2275)                                    | Vorlesung  | 2          | 3         |
| Sicherheit chemischer Reaktionen (L1321)                                      | Vorlesung  | 2          | 2         |
| Technologie keramischer Werkstoffe (L0379)                                    | Vorlesung  | 2          | 3         |
| Umweltanalytik (L0354)  | Vorlesung  | 2          | 3         |
| <b>Modulverantwortlicher</b>  | Prof. Michael Schlüter   |            |           |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>  | Keine  |            |           |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>   | Die Studierenden sollten die Bachelor-Veranstaltungen "Verfahrenstechnik" erfolgreich absolviert haben.  |            |           |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>                                 | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |            |           |
| <b>Fachkompetenz</b>  | Die Studierenden sind in der Lage, ausgewählte verfahrenstechnische Spezialgebiete innerhalb der Verfahrenstechnik zu verorten.  |            |           |
| <i>Wissen</i>   | Die Studierenden können in ausgewählten verfahrenstechnischen Teilbereichen grundlegende technische Zusammenhänge und Modelle erklären.  |            |           |
| <i>Fertigkeiten</i>   | Die Studierenden können in ausgewählten verfahrenstechnischen Teilbereichen grundlegende Methoden anwenden.  |            |           |
| <b>Personale Kompetenzen</b>  |  |            |           |
| <i>Sozialkompetenz</i>  |  |            |           |
| <i>Selbstständigkeit</i>  | Studierende können selbstständig auswählen, welche Kenntnisse und Fähigkeiten sie durch die Wahl der geeigneten Fächer vertiefen.  |            |           |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen  |            |           |
| <b>Leistungspunkte</b>  | 6  |            |           |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>                                       | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht |            |           |

| <b>Lehrveranstaltung L0508: Chemical Kinetics</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Prüfungsart</b>                                | Klausur  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                  | 120 Minuten  |
| <b>Dozenten</b>                                   | Prof. Raimund Horn   |
| <b>Sprachen</b>                                   | EN   |
| <b>Zeitraum</b>                                   | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Micro kinetics, formal kinetics, molecularity, reaction order, integrated rate laws</li> <li>- Complex reactions, reversible reactions, consecutive reactions, parallel reactions, approximation methods: steady-state, pseudo-first order, numerical solution of rate equations , example : Belousov-Zhabotinskii reaction</li> <li>- Experimental methods of kinetics, integral approach, differential approach, initial rate method, method of half-life, relaxation methods</li> <li>- Collision theory, Maxwell velocity distribution, collision numbers, line of centers model</li> <li>- Transition state theory, partition functions of atoms and molecules, examples, calculating reaction equilibria on the basis of molecular data only, heats of reaction, calculating rates of reaction by means of statistical thermodynamics</li> <li>- Kinetics of heterogeneous reactions, peculiarities of heterogeneous reactions, mean-field approximation, Langmuir adsorption isotherm, reaction mechanisms, Langmuir-Hinshelwood Mechanism, Eley-Rideal Mechanism, steady-state approximation, quasi-equilibrium approximation, most abundant reaction intermediate (MARI), reaction order, apparent activation energy, example: CO oxidation, transition state theory of surface reactions, Sabatier´s principle, sticking coefficient, parameter fitting</li> <li>- Explosions, cold flames</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>                                  | <p>J. I. Steinfeld, J. S. Francisco, W. L . Hase: Chemical Kinetics &amp; Dynamics, Prentice Hall</p> <p>K. J. Laidler: Chemical Kinetics, Harper &amp; Row Publishers</p> <p>R. K. Masel. Chemical Kinetics &amp; Catalysis , Wiley</p> <p>I. Chorkendorff,, J. W. Niemantsverdriet: Concepts of modern Catalysis and Kinetics, Wiley</p>   |

| <b>Lehrveranstaltung L2021: Feststoffverfahrenstechnik in der chemischen Industrie</b> |                                    |
|--|------------------------------------|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung                          |
| <b>SWS</b>   | 2                                  |
| <b>LP</b>  | 2                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| <b>Prüfungsart</b>   | Schriftliche Ausarbeitung          |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>   | 12 Seiten                          |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Frank Kleine Jäger           |
| <b>Sprachen</b>  | DE                                 |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe                               |
| <b>Inhalt</b>  |                                    |
| <b>Literatur</b>   |                                    |

| Lehrveranstaltung L0194: Grenzflächen und Kolloide |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                   | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Prüfungsart</b>                                 | Schriftliche Ausarbeitung  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                   | 1 Stunde   |
| <b>Dozenten</b>                                    | Dr. Philip Jaeger  |
| <b>Sprachen</b>                                    | DE/EN  |
| <b>Zeitraum</b>                                    | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>                                      | 1. Grundlagen von Phasengrenzen 1.1 Thermodynamik von Phasengrenzen 1.2 Tenside 1.3 Grenzflächenspannung 1.4 Benetzung, Adhesion 2. Dispersionen 2.1 Tropfenbildung 2.2 Stabilisierung 2.3 Eigenschaften 2.4 Rheologie 2.5 Mikroemulsionen 3. Transportphänomene 3.1 Stofftransport über fluide Phasengrenzen 3.2 Grenzflächenkonvektion - Marangonikonvektion 3.3 Einfluss von Tensiden 4. Anwendungen 4.1 Lebensmittlemulsionen 4.2 Tertiäre Erdölförderung 4.3 Beschichtung 4.4 Trenntechnik 4.5 Nukleation 4.6 Neue Entwicklungen  |
| <b>Literatur</b>                                   | A.W. Adamson: Physical Chemistry of Surfaces, 5th ed., J. Wiley & Sons New York, 1990. P. Becher : Emulsions - Theory and Practice, 1965. P. Becher : Encyclopedia of Emulsion Technology, Vol. 1, Dekker New York, 1983. S.S. Dukhin, G. Kretzschmar, R. Miller: Dynamics of Adsorption at Liquid Interfaces, Elsevier Amsterdam, 1995. D.J. McClements: Food Emulsions - Principle, Practices and Techniques, 2nd ed., CRC Press Boca Raton, 2005. D. Myers: Surfaces, Interfaces and Colloids, VCH-Verlagsgesellschaft Weinheim, 1991. P. Sherman: Emulsion Science, 1968. J. Lyklema: Fundamentals of Interface and Colloid Science, Vol. III, Academic Press London, 2000. A.I. Rusanov: Phasengleichgewichte und Grenzflächenerscheinungen, Akademie Verlag, Berlin 1978. P. C. Hiemenz, R. Rajagopalan: Principles of Colloid and Surface Chemistry, 3rd ed. Marcel Dekker, New York 1997. P. Grassmann: Physikalische Grundlagen der Verfahrenstechnik, Verlag Salle und Sauerländer, 1983. M.J. Schwuger: Lehrbuch der Grenzflächenchemie, Thieme Verlag, 1996. |

| <b>Lehrveranstaltung L0531: Industrielle Anorganische und Organische Prozesse</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Prüfungsart</b>  | Klausur   |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>  | 45 Minuten  |
| <b>Dozenten</b>   | Dr. Achim Bartsch   |
| <b>Sprachen</b>   | DE  |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>   | <p>Um den Hörer auf sein voraussichtliches späteres Betätigungsfeld vorzubereiten, soll ein Überblick und ein Verständnis des Stoffverbundes der Chemischen Industrie vermittelt werden.</p> <p>Die Übersichts-Vorlesung behandelt die Geschichte, wirtschaftliche Bedeutung, technische Anwendung und detailliert die Haupt-Herstellungsverfahren der wichtigsten industriellen Chemieprodukte. Dabei werden ebenso Kenntnisse über Vorkommen von Rohstoffen, ökologischen Konsequenzen, sowie über Energie- und Rohstoffverbrauch vermittelt.</p> <p>Aus der Anorganische Chemie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* anorganische Grundprodukte</li> <li>* mineralische Dünger</li> <li>* Metalle und ihre Verbindungen</li> <li>* Halbleiter und Technologieverbindungen</li> <li>* anorganische Feststoffe (Baustoffe, Keramiken, Fasern, Pigmente...)</li> </ul> <p>und andere anorganische Produkte</p> <p>...</p> <p>Aus der Organische Chemie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Basischemikalien für die organische Synthese (Synthesegas, C1-Verbindungen...)</li> <li>* Herstellung und Verarbeitung von Olefinen, Alkoholen, Kohlenwasserstoffe, Aromaten</li> <li>* Verarbeitung von Erdöl</li> <li>* Tenside und Waschmittel</li> <li>* Oleochemische Produkte und Verfahren</li> <li>* Organische Polymere</li> </ul> <p>und andere organische Produkte</p> |
| <b>Literatur</b>  | <p>Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley online library 2014</p> <p>M. Bertau, A. Müller, P. Fröhlich und M. Katzberg: Industrielle Anorganische Chemie, Wiley-VCH 2013</p> <p>Hans-Jürgen Arpe: Industrielle Organische Chemie, Wiley-VCH 2007</p>   |

| <b>Lehrveranstaltung L2276: Industrial biotechnology in Chemical Industry</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28   |
| <b>Prüfungsart</b>  | Referat  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>  | 45 min   |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Andreas Liese, Dr. Stephan Freyer  |
| <b>Sprachen</b>   | EN   |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>   | This course gives an insight into the applications, processes, structures and boundary conditions in industrial practice. Various concrete applications of the technology, markets and other questions that will significantly influence the plant and process design will be shown.   |
| <b>Literatur</b>  | <p>Chmiel H (ed). Bioprozesstechnik, Springer 2011, ISBN: 978-3-8274-2476-1 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen]</p> <p>Bailey, James and David F. Ollis: Biochemical Engineering Fundamentals. -2nd ed.; New York: McGraw Hill, 1986.</p> <p>Becker, Th. et al. (2008) Biotechnology. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract">http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract</a></p> <p>Doran, Pauline M.: Bioprocess Engineering Principles, Academic Press, 2003</p> <p>Hass, V. und R. Pörtner: Praxis der Bioprozesstechnik. Spektrum Akademischer Verlag (2011), 2. Auflage</p> <p>Krahe M (2003) Biochemical Engineering. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html">http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html</a></p> <p>Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts</p> |

| <b>Lehrveranstaltung L2437: Optics for Engineers</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>   | 2   |
| <b>LP</b>  | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                     | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Prüfungsart</b>                                   | Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit   |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                     | Vorstellung eines eigenen Optikentwurfs mit anschließender Diskussion, 10 Minuten<br>Vorstellung + maximal 20 Minuten Diskussion  |
| <b>Dozenten</b>                                      | Prof. Thorsten Kern   |
| <b>Sprachen</b>                                      | EN  |
| <b>Zeitraum</b>                                      | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic values for optical systems and lighting technology</li> <li>• Spectrum, black-bodies, color-perception</li> <li>• Light-Sources and their characterization</li> <li>• Photometrics</li> <li>• Ray-Optics</li> <li>• Matrix-Optics</li> <li>• Stops, Pupils and Windows</li> <li>• Light-field Technology</li> <li>• Introduction to Wave-Optics</li> <li>• Introduction to Holography</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>                                     |   |

| <b>Lehrveranstaltung L2438: Optics for Engineers</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung   |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                     | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Prüfungsart</b>                                   | Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                     | Vorstellung eines eigenen Optikentwurfs mit anschließender Diskussion, 10 Minuten<br>Vorstellung + maximal 20 Minuten Diskussion |
| <b>Dozenten</b>                                      | Prof. Thorsten Kern  |
| <b>Sprachen</b>                                      | EN   |
| <b>Zeitraum</b>                                      | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>                                     | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

| <b>Lehrveranstaltung L1244: Polymerisationstechnik</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                       | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Prüfungsart</b>                                     | Schriftliche Ausarbeitung  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                       | 1 Stunde   |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Hans-Ulrich Moritz   |
| <b>Sprachen</b>  | DE   |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>  | <p>Einführung (Klassifizierung von Polymeren, Polyreaktionen, Polymerisationsverfahren und -reaktoren, Anwendungsgebiete von Polymeren, Struktur und Bedeutung der Kunststoffindustrie, Entscheidungsbaum für die Herstellung eines Polymeren, Product by Process)</p> <p>Radikalische Polymerisation (Kinetik der freien radikalischen Polymerisation (Ideal- und Real-Kinetik), Monomere, Initiatoren, Kettenregler, Inhibitoren, Modellierung von Gel- und Glaseffekt, Berechnung von Molmassenverteilungen, Bestimmung von Geschwindigkeitskonstanten, kontrollierte radikalische Polymerisationen)</p> <p>Koordinative Polymerisation (Monomere, Ziegler-Katalysatoren, Cossee-Arlmann-Mechanismus, Phillips-Katalysatoren, Metallocen-Katalysatoren, stereoselektive Synthese von Polymeren)</p> <p>Polyolefinverfahren (Herstellung von LDPE, LLDPE, HDPE, PP und Copolymere, Diskussion unterschiedlicher Herstellverfahren und Auswirkungen auf die Produkteigenschaften und die Anwendungsbereiche)</p> <p>Ionische Polymerisation (Anionische u. kationische Polymerisationen, Initiatoren, Kinetik der lebenden Polymerisation, Vergleich der Molmassenverteilungen mit der radikalischen Polymerisation, Copolymere, Di- und Tri-Block-Copolymere, Eigenschaften, Anwendungsbereiche)</p> <p>Polyreaktionen mit Polymerverknüpfung (Monomere, Polyaddition, Polykondensation, Kinetik und Molmassenverteilungen, ausgewählte wirtschaftlich relevante Beispiele für Herstellverfahren, PET, Nylon, PUR usw., Eigenschaften und Anwendungsbereiche)</p> <p>Copolymerisation (Struktureller Aufbau von Copolymeren, Kinetik, chemische Zusammensetzungsverteilung und Sequenzlängenverteilung (momentan und kumulativ), gezielte Einstellung von Eigenschaften, technisch relevante Beispiele)</p> <p>Emulsionspolymerisation (Klassifizierung heterogener Polymerisationsverfahren, Besonderheiten der Kinetik und Thermodynamik der Emulsionspolymerisation, Saafahrweise, Vor- und Nachteile technischer Semibatch-Prozesse, Einflüsse auf die Latexpartikelmorphologie, Eigenschaften und exemplarische Herstellverfahren u. Anwendungsgebiete)</p> <p>Besondere Herausforderungen bei der technischen Umsetzung von Polyreaktionen</p> |

|                  |  |
|------------------|--|
|                  | <p>(Viskositätsanstieg, Wandbelagsbildung, Wärmeabfuhrprobleme, Maßstabsübertragung, chemische Sicherheitstechnik von Polyreaktionen, Thermodynamik homogener und heterogener Polymerisationssysteme, Modellierung von Polyreaktionen u. Polymerisationsreaktoren)</p> <p>Wettbewerbsfaktoren in der Polymerindustrie (Ausgewählte wirtschaftliche Problemstellungen der Polymerindustrie für Deutschland, EU, Welt, Schwerpunkte: Zusammensetzung der Herstellkosten, Rolle der F&amp;E, Verbundproduktion, Marketingaspekte)</p> |
| <b>Literatur</b> | <p>W. Keim: Kunststoffe - Synthese, Herstellungsverfahren, Apparaturen, 1. Auflage, Wiley-VCH, 2006</p> <p>T. Meyer, J. Keurentjes: Handbook of Polymer Reaction Engineering, 2 Vol., 1. Ed., Wiley-VCH, 2005</p> <p>A. Echte: Handbuch der technischen Polymerchemie, 1. Auflage, VCH-Verlagsgesellschaft, 1993</p> <p>G. Odian: Principles of Polymerization, 4. Ed., Wiley-Interscience, 2004</p> <p>J. Asua: Polymer Reaction Engineering, 1. Ed., Blackwell Publishing, 2007</p>  |

| Lehrveranstaltung L2275: Practice in bioprocess engineering |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                            | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28   |
| <b>Prüfungsart</b>  | Referat  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                            | 45 min   |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. An-Ping Zeng, Prof. Ralf Pörtner, Dr. Willfried Blümke   |
| <b>Sprachen</b>   | EN   |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>   | Content of this course is a concrete insight into the principles, processes and structures of an industrial biotechnology company. In addition to practical illustrative examples, aspects beyond the actual process engineering area are also addressed, such as e.g. Sustainability and engineering.   |
| <b>Literatur</b>  | <p>Chmiel H (ed). Bioprozesstechnik, Springer 2011, ISBN: 978-3-8274-2476-1 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen]</p> <p>Bailey, James and David F. Ollis: Biochemical Engineering Fundamentals. -2nd ed.; New York: McGraw Hill, 1986.</p> <p>Becker, Th. et al. (2008) Biotechnology. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract">http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract</a></p> <p>Doran, Pauline M.: Bioprocess Engineering Principles, Academic Press, 2003</p> <p>Hass, V. und R. Pörtner: Praxis der Bioprozesstechnik. Spektrum Akademischer Verlag (2011), 2. Auflage</p> <p>Krahe M (2003) Biochemical Engineering. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html">http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html</a></p> <p>Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts</p> |

| <b>Lehrveranstaltung L1321: Sicherheit chemischer Reaktionen</b> |                                    |
|--|------------------------------------|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung                          |
| <b>SWS</b>   | 2                                  |
| <b>LP</b>  | 2                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                 | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| <b>Prüfungsart</b>   | Klausur                            |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                                 |                                    |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Hans-Ulrich Moritz           |
| <b>Sprachen</b>  | DE                                 |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe                               |
| <b>Inhalt</b>  |                                    |
| <b>Literatur</b>   |                                    |

| <b>Lehrveranstaltung L0379: Technologie keramischer Werkstoffe</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                   | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28   |
| <b>Prüfungsart</b>   | Klausur  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                                   | 90 Minuten   |
| <b>Dozenten</b>  | Dr. Rolf Janßen  |
| <b>Sprachen</b>  | DE/EN  |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>  | <p>In dieser Vorlesung wird eine Einführung in die keramische Prozeßtechnologie gegeben, wobei der Schwerpunkt auf Struktur- und Funktionskeramiken liegt. Beginnend bei den Verfahren zur Synthese feiner Pulver wird Schritt für Schritt der Weg vom Rohstoff zum maßgeschneiderten Bauteil aufgezeigt und anhand von Beispielen aus der Praxis demonstriert. Neben etablierten Herstellungsverfahren werden dabei auch neue Methoden zur schnellen und kostengünstigen Herstellung von Hochleistungsbauteilen (Reactive Synthesis, Rapid Prototyping, etc.) sowie Fügetechniken und grundlegende Konstruktionskriterien behandelt.</p> <p>Inhalt:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rohstoffe</li> <li>2. Pulversynthese</li> <li>3. Pulveraufbereitung und -charakterisierung</li> <li>4. Formgebung</li> <li>5. Sintern</li> <li>6. Glas und Zement-Technologie</li> <li>7. Neue Syntheseverfahren, Beschichtungen, etc.</li> <li>8. Fügetechniken</li> </ol> |
| <b>Literatur</b>   | <p>W.D. Kingery, „Introduction to Ceramics“, John Wiley &amp; Sons, New York, 1975</p> <p>ASM Engineering Materials Handbook Vol.4 „Ceramics and Glasses“, 1991</p> <p>D.W. Richerson, „Modern Ceramic Engineering“, Marcel Decker, New York, 1992</p> <p>Skript zur Vorlesung</p>   |

| <b>Lehrveranstaltung L0354: Environmental Analysis</b> |
|--|
|--|

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <b>Typ</b>                       | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>                       | 2   |
| <b>LP</b>                        | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b> | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28  |
| <b>Prüfungsart</b>               | Klausur   |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b> | 45 Minuten  |
| <b>Dozenten</b>                  | Dr. Dorothea Rechtenbach, Dr. Henning Mangels   |
| <b>Sprachen</b>                  | EN  |
| <b>Zeitraum</b>                  | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>                    | <p>Introduction</p> <p>Sampling in different environmental compartments, sample transportation, sample storage</p> <p>Sample preparation</p> <p>Photometry</p> <p>Wastewater analysis</p> <p>Introduction into chromatography</p> <p>Gas chromatography</p> <p>HPLC</p> <p>Mass spectrometry</p> <p>Optical emission spectrometry</p> <p>Atom absorption spectrometry</p> <p>Quality assurance in environmental analysis</p>  |
| <b>Literatur</b>                 | <p>Roger Reeve, Introduction to Environmental Analysis, John Wiley &amp; Sons Ltd., 2002 (TUB: USD-728)</p> <p>Pradyot Patnaik, Handbook of environmental analysis: chemical pollutants in air, water, soil, and solid wastes, CRC Press, Boca Raton, 2010 (TUB: USD-716)</p> <p>Chunlong Zhang, Fundamentals of Environmental Sampling and Analysis, John Wiley &amp; Sons Ltd., Hoboken, New Jersey, 2007 (TUB: USD-741)</p> <p>Miroslav Radojević, Vladimir N. Bashkin, Practical Environmental Analysis RSC Publ., Cambridge, 2006 (TUB: USD-720)</p> <p>Werner Funk, Vera Dammann, Gerhild Donnevert, Sarah Iannelli (Translator), Eric Iannelli (Translator), Quality Assurance in Analytical Chemistry: Applications in Environmental, Food and Materials Analysis, Biotechnology, and Medical Engineering, 2nd Edition, WILEY-VCH Verlag GmbH &amp; Co. KGaA, Weinheim, 2007 (TUB: CHF-350)</p> <p>STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 21st Edition, Andrew D. Eaton, Leonore S. Clesceri, Eugene W. Rice, and Arnold E. Greenberg, editors, 2005 (TUB:CHF-428)</p> <p>K. Robards, P. R. Haddad, P. E. Jackson, Principles and Practice of Modern Chromatographic Methods, Academic Press</p> <p>G. Schwedt, Chromatographische Trennmethode, Thieme Verlag</p> <p>H. M. McNair, J. M. Miller, Basic Gas Chromatography, Wiley</p> <p>W. Gottwald, GC für Anwender, VCH</p> <p>B. A. Bidlingmeyer, Practical HPLC Methodology and Applications, Wiley</p> <p>K. K. Unger, Handbuch der HPLC, GIT Verlag</p> <p>G. Aced, H. J. Möckel, Liquidchromatographie, VCH</p> <p>Charles B. Boss and Kenneth J. Fredeen, Concepts, Instrumentation and Techniques in</p> |

Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry  
Perkin-Elmer Corporation 1997, On-line available at:  
<http://files.instrument.com.cn/bbs/upfile/2006291448.pdf>

Atomic absorption spectrometry: theory, design and applications, ed. by S. J. Haswell 1991  
(TUB: 2727-5614)

Royal Society of Chemistry, Atomic absorption spectrometry  
([http://www.kau.edu.sa/Files/130002/Files/6785\\_AAs.pdf](http://www.kau.edu.sa/Files/130002/Files/6785_AAs.pdf))

| Modul M0721: Klimaanlage                      |   |     |    |  |
|---|---|-----|----|--|
| Lehrveranstaltungen                           |   |     |    |  |
| Titel   | Typ   | SWS | LP |  |
| Klimaanlagen (L0594)                          | Vorlesung   | 3   | 5  |  |
| Klimaanlagen (L0595)                          | Hörsaalübung  | 1   | 1  |  |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                  | Prof. Gerhard Schmitz   |     |    |  |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>              | Keine   |     |    |  |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>               | Technische Thermodynamik I, II, Strömungsmechanik, Wärmeübertragung   |     |    |  |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht   |     |    |  |
| <b>Fachkompetenz</b>                          | Studierende kennen die verschiedenen Arten von Klimaanlage und die dazugehörigen Regelungskonzepte für stationäre und mobile Anwendungen. Sie beherrschen die Zustandsänderungen feuchter Luft im h1+x,x-Diagramm. Sie sind in der Lage die aus hygienischen Gründen notwendigen Luftvolumenströme für Aufenthaltsräume von Personen zu bestimmen und können dazu die geeigneten Filterverfahren auswählen. Ihnen sind grundlegende Raumströmungszustände bekannt und sie können einfache Verfahren zur Berechnung einer Strömung in Räumen anwenden. Sie wissen, wie ein Kanalnetz ausgelegt und berechnet wird. Sie sind mit verschiedenen Verfahren zur Erzeugung von Kälte vertraut und können die entsprechenden Prozesse in den geeigneten thermodynamischen Diagrammen darstellen. Sie kennen die verschiedenen Umweltbewertungskriterien für Kältemittel. |     |    |  |
| <i>Wissen</i>                                 |   |     |    |  |
| <b>Fertigkeiten</b>                           | Studierende beherrschen die Berechnung von Klimaanlage für stationäre und mobile Anwendungen. Sie können eine Kanalnetz Berechnung durchführen und sind befähigt, einfache Planungsaufgaben selbstständig unter Berücksichtigung der Einbindung natürlicher Wärmequellen und -senken durchzuführen. Sie sind in der Lage aktuelle Forschungsergebnisse in die Praxis zu übertragen und wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiet der Klimatechnik selbstständig durchzuführen.  |     |    |  |
| <i>Fertigkeiten</i>                           |   |     |    |  |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                  | Die Studierenden können in Kleingruppen diskutieren und einen Lösungsweg erarbeiten.  |     |    |  |
| <i>Sozialkompetenz</i>                        |   |     |    |  |
| <i>Selbstständigkeit</i>                      | Studierende sind in der Lage, eigenständig Aufgaben zu definieren, hierfür notwendiges Wissen aufbauend auf dem vermittelten Wissen selbst zu erarbeiten sowie geeignete Mittel zur Umsetzung einzusetzen.  |     |    |  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>              | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56   |     |    |  |
| <b>Leistungspunkte</b>                        | 6   |     |    |  |
| <b>Studienleistung</b>                        | Keine   |     |    |  |
| <b>Prüfung</b>                                | Klausur   |     |    |  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>              | 60 min  |     |    |  |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>       | Energie- und Umwelttechnik: Vertiefung Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Energietechnik: Vertiefung Energiesysteme: Wahlpflicht<br>Energietechnik: Vertiefung Schiffsmaschinenbau: Wahlpflicht<br>Flugzeug-Systemtechnik: Vertiefung Flugzeugsysteme: Wahlpflicht<br>Flugzeug-Systemtechnik: Vertiefung Kabinensysteme: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Luftfahrtsysteme: Wahlpflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht  |     |    |  |

| <b>Lehrveranstaltung L0594: Klimaanlage</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>                                  | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>                                  | 3   |
| <b>LP</b>                                   | 5   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>            | Eigenstudium 108, Präsenzstudium 42   |
| <b>Dozenten</b>                             | Prof. Gerhard Schmitz   |
| <b>Sprachen</b>                             | DE  |
| <b>Zeitraum</b>                             | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>                               | <p>1. Überblick über Klimaanlage</p> <p>1.1 Einteilung von Klimaanlage</p> <p>1.2 Lüftung</p> <p>1.3 Aufbau und Funktion von Klimaanlage</p> <p>2. Thermodynamische Prozesse in Klimaanlage</p> <p>2.1 Das <math>h,x</math>-Diagramm für feuchte Luft</p> <p>2.2 Mischkammer, Vorwärmer, Nachwärmer</p> <p>2.3 Luftkühler</p> <p>2.4 Luftbefeuchter</p> <p>2.5 Darstellung des konventionellen Klimaanlageprozesses im <math>h,x</math>-Diagramm</p> <p>2.6 Sorptionsgestützte Klimatisierung</p> <p>3. Berechnung der Heiz- und Kühlleistung</p> <p>3.1 Heizlast und Heizleistung</p> <p>3.2 Kühllasten und Kühlleistung</p> <p>3.3 Berechnung der inneren Kühllast</p> <p>3.4 Berechnung der äußeren Kühllast</p> <p>4. Lufttechnische Anlagen</p> <p>4.1 Frischluftbedarf</p> <p>4.2 Raumluftrömung</p> <p>4.3 Kanalnetzrechnung</p> <p>4.4 Ventilatoren</p> <p>4.5 Filter</p> <p>5. Kälteanlagen</p> <p>5.1. Kältdampfkompressionskälteanlagen</p> <p>5.2 Absorptionskälteanlagen</p> |
| <b>Literatur</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schmitz, G.: Klimaanlage, Skript zur Vorlesung</li> <li>• VDI Wärmeatlas, 11. Auflage, Springer Verlag, Düsseldorf 2013</li> <li>• Herwig, H.; Moschallski, A.: Wärmeübertragung, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden 2009</li> <li>• Recknagel, H.; Sprenger, E.; Schrammek, E.-R.: Taschenbuch für Heizung- und Klimatechnik 2013/2014, 76. Auflage, Deutscher Industrieverlag, 2013</li> </ul>   |

| <b>Lehrveranstaltung L0595: Klimaanlage</b> |                                    |
|---|------------------------------------|
| <b>Typ</b>                                  | Hörsaalübung                       |
| <b>SWS</b>                                  | 1                                  |
| <b>LP</b>                                   | 1                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>            | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| <b>Dozenten</b>                             | Prof. Gerhard Schmitz              |
| <b>Sprachen</b>                             | DE                                 |
| <b>Zeitraum</b>                             | SoSe                               |
| <b>Inhalt</b>                               | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>                            | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

| <b>Modul M0657: Numerische Methoden der Thermofluidodynamik II</b> |   |
|--|---|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>   |   |
| <b>Titel</b>   | <b>Typ</b> <b>SWS</b> <b>LP</b>   |
| Numerische Methoden der Thermofluidodynamik II (L0237)             | Vorlesung                      2                      3   |
| Numerische Methoden der Thermofluidodynamik II (L0421)             | Hörsaalübung                      2                      3  |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                                       | Prof. Thomas Rung   |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                                   | Keine   |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                                    | Grundkenntnisse in numerischer und allgemeiner Thermofluidodynamik  |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>                      | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht   |
| <b>Fachkompetenz</b>   | Aufbau von vertieften methodischen Kenntnissen in numerischer Thermofluidodynamik, insbesondere Finite-Volumen Techniken. Detailliertes Verständnis der theoretischen Hintergründe komplexer CFD-Simulationssoftware.   |
| <i>Wissen</i>  |   |
| <i>Fertigkeiten</i>  | Erwerb von Schnittstellenverständnis und Ausbau der Programmierkompetenzen. Fähigkeit zur Analyse und Bewertung unterschiedlicher Lösungsansätze.   |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                                       |   |
| <i>Sozialkompetenz</i>   | Verbesserte Teamfähigkeit durch Gruppenübungen.   |
| <i>Selbstständigkeit</i>   | Selbstständige Analyse von problemspezifischen Lösungsansätzen.   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                   | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56   |
| <b>Leistungspunkte</b>   | 6   |
| <b>Studienleistung</b>   | Keine   |
| <b>Prüfung</b>   | Mündliche Prüfung   |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                                   | 0.5h-0.75h  |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>                            | Energietechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht<br>Schiffbau und Meerestechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht |

| <b>Lehrveranstaltung L0237: Numerische Methoden der Thermofluidodynamik II</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Thomas Rung  |
| <b>Sprachen</b>  | DE/EN  |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>  | Numerische Modellierung komplexer turbulenter Ein- und Mehrphasenströmungen mit höherwertigen Ansätzen für unstrukturierte und netzfreie Approximationstechniken |
| <b>Literatur</b>   | 1)<br>Vorlesungsmanuskript und Übungsunterlagen<br><br>2)<br>J.H. Ferziger, M. Peric:<br>Computational Methods for Fluid Dynamics,<br>Springer                   |

| <b>Lehrveranstaltung L0421: Numerische Methoden der Thermofluiddynamik II</b> |                                    |
|---|------------------------------------|
| <b>Typ</b>  | Hörsaalübung                       |
| <b>SWS</b>  | 2                                  |
| <b>LP</b>   | 3                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28 |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Thomas Rung                  |
| <b>Sprachen</b>   | DE/EN                              |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe                               |
| <b>Inhalt</b>   | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

## Modul M0749: Abfallbehandlung und Feststoffverfahrenstechnik

### Lehrveranstaltungen

| Titel  | Typ          | SWS | LP |
|--|--------------|-----|----|
| Feststoffverfahrenstechnik für Biomassen (L0052) | Vorlesung    | 2   | 2  |
| Thermische Abfallbehandlung (L0320)              | Vorlesung    | 2   | 2  |
| Thermische Abfallbehandlung (L1177)              | Hörsaalübung | 1   | 2  |

|   |   |
|---|---|
| <b>Modulverantwortlicher</b>                  | Prof. Kerstin Kuchta  |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>              | Keine   |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>               | Grundlagen der Thermodynamik,<br>Grundlagen Strömungsmechanik<br>Grundlagen der Chemie  |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht   |
| <b>Fachkompetenz</b>                          | Die Studierenden können aktuelle Frage- und Problemstellungen aus dem Gebiet der thermischen Abfallbehandlungstechnik und der Feststoffverfahrenstechnik benennen, beschreiben und in den Gesamtkontext des Fachs einordnen.  |
| <i>Wissen</i>                                 | Dabei können sie verschiedene Arten von Verbrennungs- und Aufbereitungstechniken unterscheiden und beschreiben, zum Beispiel Rostfeuerung, Pyrolyse, Pelletierung.  |
| <i>Fertigkeiten</i>                           | Die Studierenden sind in der Lage, Apparate der thermischen Abfallbehandlungstechnik und der Feststoffverfahrenstechnik zu konzipieren und auszulegen.  |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                  | Die Studierenden sind in der Lage, geeignete Verfahren für die Behandlung bestimmter Abfälle oder Rohstoffe in Abhängigkeit von deren Charakteristika und den Zielsetzungen auszuwählen. Sie können den technischen Aufwand und die ökologischen Folgen der Technologien abschätzen .   |
| <i>Sozialkompetenz</i>                        | Die Studierenden können <ul style="list-style-type: none"> <li>• respektvoll in der Gruppe lernen und technische Fragestellungen diskutieren,</li> <li>• wissenschaftliche Aufgabenstellungen fachspezifische und fachübergreifende diskutieren,</li> <li>• gemeinsame Lösungen entwickeln,</li> <li>• fachliche konstruktives Feedback geben und mit Rückmeldungen zu ihrem eigenen Leistungen umgehen.</li> </ul>                                 |
| <i>Selbstständigkeit</i>                      | Die Studierenden können sich selbstständig Quellen über das jeweilige Fachgebiet erschließen, sich das darin enthaltene Wissen aneignen und auf neue Fragestellungen transformieren. Sie sind fähig in Rücksprache mit Lehrenden ihren jeweiligen Lernstand konkret zu beurteilen und dieser Basis weitere Fragestellungen und für die Lösung notwendigen Arbeitsschritte zu definieren.  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>              | Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70   |
| <b>Leistungspunkte</b>                        | 6   |
| <b>Studienleistung</b>                        | Keine   |
| <b>Prüfung</b>                                | Klausur   |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>              | 120 min   |
| <b>Zuordnung zu folgenden</b>                 | Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Energie- und Umwelttechnik: Vertiefung Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Regenerative Energien: Wahlpflicht |

|                  |  |
|------------------|--|
| <b>Curricula</b> | Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Pflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht |
|------------------|--|

| <b>Lehrveranstaltung L0052: Feststoffverfahrenstechnik für Biomassen</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Werner Sitzmann  |
| <b>Sprachen</b>  | DE   |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>  | Die großtechnische Anwendung verfahrenstechnischer Grundoperationen wird an aktuellen Beispielen der Verarbeitung fester Biomassen demonstriert. Hierzu gehören unter anderem: Zerkleinern, Fördern und Dosieren, Trocknen und Agglomerieren nachwachsender Rohstoffe im Rahmen der Herstellung von Brennstoffen, der Bioethanolerzeugung, der Gewinnung und Veredelung von Pflanzenölen, von Biomass-to-liquid-Prozessen sowie der Herstellung von wood-plastic-composites. Aspekte zum Explosionsschutz und zur Anlagenplanung ergänzen die Vorlesung. |
| <b>Literatur</b>   | Kaltschmitt M., Hartmann H. (Hrsg.): Energie aus Bioamasse, Springer Verlag, 2001, ISBN 3-540-64853-4<br><br>Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe,<br>Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. <a href="http://www.nachwachsende-rohstoffe.de">www.nachwachsende-rohstoffe.de</a><br><br>Bockisch M.: Nahrungsfette und -öle, Ulmer Verlag, 1993, ISBN 380000158175   |

| <b>Lehrveranstaltung L0320: Thermal Waste Treatment</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                        | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Kerstin Kuchta  |
| <b>Sprachen</b>   | EN  |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction, actual state-of-the-art of waste incineration, aims. legal background, reaction principals</li> <li>• basics of incineration processes: waste composition, calorific value, calculation of air demand and flue gas composition</li> <li>• Incineration techniques: grate firing, ash transfer, boiler</li> <li>• Flue gas cleaning: Volume, composition, legal frame work and emission limits, dry treatment, scrubber, de-nox techniques, dioxin elimination, Mercury elimination</li> <li>• Ash treatment: Mass, quality, treatment concepts, recycling, disposal</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>  | Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Thermische Abfallbehandlung Bande 1-7. EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik, Berlin, 196 - 2013.   |

| <b>Lehrveranstaltung L1177: Thermal Waste Treatment</b> |                                    |
|---|------------------------------------|
| <b>Typ</b>  | Hörsaalübung                       |
| <b>SWS</b>  | 1                                  |
| <b>LP</b>   | 2                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                        | Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14 |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Kerstin Kuchta               |
| <b>Sprachen</b>   | EN                                 |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe                               |
| <b>Inhalt</b>   | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

**Modul M0897: CAPE - Computergestützte Auslegung Verfahrenstechnischer Prozesse**

**Lehrveranstaltungen**

| <b>Titel</b>  | <b>Typ</b> | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
|---|------------|------------|-----------|
| CAPE inkl. Computerübung (L1039)                        | Vorlesung  | 2          | 3         |
| Methoden der Prozesssicherheit und Gefahrstoffe (L1040) | Vorlesung  | 2          | 3         |

|                              |                  |
|------------------------------|------------------|
| <b>Modulverantwortlicher</b> | Prof. Georg Fieg |
|------------------------------|------------------|

|                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b> | Keine |
|----------------------------------|-------|

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b> | Inhalte der Module: Prozess- und Anlagentechnik I und II<br>Thermische Grundoperationen<br>Wärme- und Stoffübertragung |
|---------------------------------|--|

|   |   |
|---|---|
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
|---|---|

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>Fachkompetenz</b>         | Studierende können nach der Teilnahme am Modul CAPE "Computergestützte Auslegung verfahrenstechnischer Prozesse":<br><br><ul style="list-style-type: none"> <li>- Typen von Simulationstools benennen</li> <li>- die Prinzipien von Flowsheetsimulatoren und gleichungsorientierten Simulatoren wiedergeben</li> <li>- den prinzipiellen Aufbau eines Flowsheetsimulators angeben</li> <li>- den Unterschied zwischen stationären und dynamischen Simulatoren erklären</li> <li>- die Grundlagen der Toxikologie&amp;Gefahrstoffe wiedergeben</li> <li>- die wesentlichen Grundzüge und Methoden der Sicherheitstechnik aufzählen und deren Funktionsweise erklären</li> <li>- die Begriffe der gesetzlichen Unfallversicherung wiedergeben und deren Bedeutung erklären</li> <li>- die Bedeutung der Sicherheitsbetrachtungen bei der Anlagenauslegung wiedergeben</li> </ul> |
| <i>Wissen</i>                |  |
| <i>Fertigkeiten</i>          | Studierende können nach der Teilnahme am Modul CAPE "Computergestützte Auslegung verfahrenstechnischer Prozesse":<br><br><ul style="list-style-type: none"> <li>- sowohl stationäre als auch dynamische Simulationen durchführen</li> <li>- Simulationsergebnisse auszuwerten und in der Praxis umzusetzen</li> <li>- geeignete Simulationsmodelle auszuwählen und miteinander so zu verknüpfen, dass eine funktionierende Produktionsanlage dabei entsteht</li> <li>- Ergebnisse exp. Messmethoden der Sicherheitstechnik bewerten und anwenden</li> <li>- Ergebnisse der Sicherheitsbetrachtungen bewerten, gegenüberstellen und kritisch hinsichtlich der Anwendung bei der Anlagenauslegung anwenden</li> </ul>  |
| <b>Personale Kompetenzen</b> | Studierende sind in nach erfolgreicher Teilnahme am Modul "Computergestützte Auslegung verfahrenstechnischer Prozesse" in der Lage:  |
| <i>Sozialkompetenz</i>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- in Gruppen zusammenarbeiten, um über die Simulationen von Einzelelementen des Gesamtprozesses schliesslich den intergralen Prozess zu entwickeln</li> <li>- in Gruppen das entwickelte Sicherheitskonzept zu präsentieren</li> </ul>  |

|   |   |              |  |
|---|---|--------------|--|
| <i>Selbstständigkeit</i>                | Studierende sind in nach erfolgreicher Teilnahme am Modul "Computergestützte Auslegung verfahrenstechnischer Prozesse" in der Lage:   |              |  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>        | eigenständig und verantwortlich bezüglich Mensch und Umwelt zu handeln<br>Eigenstudium 124, Präsenzstudium 36   |              |  |
| <b>Leistungspunkte</b>                  | 6   |              |  |
| <b>Studienleistung</b>                  | <b>Verpflichtet</b>   | <b>Forum</b> | <b>Art der Studienleistung</b> <b>Beschreibung</b>                             |
|   | Ja  | Keiner       | Gruppendiskussion<br>Gruppendiskussionen finden im Rahmen der PC-Übungen statt |
| <b>Prüfung</b>                          | Klausur   |              |  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>        | 180 min   |              |  |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b> | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht |              |  |

| <b>Lehrveranstaltung L1039: CAPE inkl. Computerübung</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>   | 2   |
| <b>LP</b>  | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                         | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Georg Fieg  |
| <b>Sprachen</b>  | DE  |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>  | <p>I. Einführung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Grundlagen der stationären Prozesssimulation                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1.1. Klassen von Simulationsprogrammen</li> <li>1.2. Sequentiell-modularer Ansatz</li> <li>1.3. Funktionsweise ASPEN PLUS</li> </ul> </li> <li>2. Einführung in ASPEN PLUS                             <ul style="list-style-type: none"> <li>2.1. Benutzeroberfläche</li> <li>2.2. Stoffdatenberechnungsmodelle</li> <li>2.3. Einsatz vorhandener Werkzeuge (z.B. Designspezifikationen)</li> <li>2.4. Konvergenzproblematik</li> </ul> </li> </ul> <p>II. Rechnerübung mit ASPEN PLUS und ACM</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Umfang, Möglichkeiten, Grenzen von ASPEN PLUS</li> <li>Praktische Nutzung der ASPEN Datenbank</li> <li>Abschätzungsmethoden nicht vorhandener Daten</li> <li>Anwendung der Modellbibliothek, Prozesssynthese</li> <li>Designspezifikationen</li> <li>Sensitivitätsanalysen</li> <li>Optimierungsprobleme</li> <li>Industrielle Fallstudien</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- G. Fieg: Lecture notes</li> <li>- Seider, W.D.; Seader, J.D.; Lewin, D.R.: Product and Process Design Principles: Synthesis, Analysis, and Evaluation; Hoboken, J. Wiley &amp; Sons, 2010</li> </ul>   |

| <b>Lehrveranstaltung L1040: Methoden der Prozesssicherheit und Gefahrstoffe</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Georg Fieg, Dr. Thomas Waluga   |
| <b>Sprachen</b>   | DE  |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>   | <p>Praktische Durchführung von Sicherheitsanalysen (Methoden)</p> <p>Sicherheitstechnische Kenngrößen und Methoden zu ihrer Bestimmung</p> <p>Gefährlichkeitsmerkmale nach dem Chemikaliengesetz</p> <p>GHS (Global harmonisiertes System) zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien</p> <p>Gefahrstoffe</p>   |
| <b>Literatur</b>  | <p>Bender, H.: Sicherer Umgang mit Gefahrstoffen; Weinheim (2005)</p> <p>Bender, H.: Das Gefahrstoffbuch. Sicherer Umgang mit Gefahrstoffen in der Praxis; Weinheim (2002)</p> <p>Birett, K.: Umgang mit Gefahrstoffen; Heidelberg (2011)</p> <p>Birgersson, B.; Sterner, O.; Zimerson, E.: Chemie und Gesundheit; Weinheim (1988)</p> <p>O. Antelmann, Diss. an der TU Berlin, 2001</p> <p>R. Dittmeyer, W. Keim, G. Kreysa, A. Oberholz, Chemische Technik, Prozesse und Produkte, Band 1</p> <p>Methodische Grundlagen, VCH, 2004-2006, S. 719</p> <p>H. Pohle, Chemische Industrie, Umweltschutz, Arbeitsschutz, Anlagensicherheit, VCH, Weinheim, 1991</p> <p>J. Steinbach, Chemische Sicherheitstechnik, VCH, Weinheim, 1995</p> <p>G. Suter, Identifikation sicherheitskritischer Prozesse, P&amp;A Kompendium, 2004</p> |

| Modul M0898: Heterogeneous Catalysis                            |  |                |                                |                     |
|---|--|----------------|--------------------------------|---------------------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                                      |  |                |                                |                     |
| <b>Titel</b>  |  | <b>Typ</b>     | <b>SWS</b>                     | <b>LP</b>           |
| Analyse und Auslegung Heterogen Katalytischer Reaktoren (L0223) |  | Vorlesung      | 2                              | 2                   |
| Moderne Methoden in der Heterogenen Katalyse (L0533)            |  | Vorlesung      | 2                              | 2                   |
| Moderne Methoden in der Heterogenen Katalyse (L0534)            |  | Laborpraktikum | 2                              | 2                   |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                                    | Prof. Raimund Horn   |                |                                |                     |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                                | None   |                |                                |                     |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                                 | Content of the bachelor-modules "process technology", as well as particle technology, fluidmechanics in process-technology and transport processes.  |                |                                |                     |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>                   | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |                |                                |                     |
| <b>Fachkompetenz</b>  | <p>The students are able to apply their knowledge to explain industrial catalytic processes as well as indicate different synthesis routes of established catalyst systems. They are capable to outline dis-/advantages of supported and full-catalysts with respect to their application. Students are able to identify analytical tools for specific catalytic applications.</p> <p>After successful completion of the module, students are able to use their knowledge to identify suitable analytical tools for specific catalytic applications and to explain their choice. Moreover the students are able to choose and formulate suitable reactor systems for the current synthesis process. Students can apply their knowledge discretely to develop and conduct experiments. They are able to appraise achieved results into a more general context and draw conclusions out of them.</p> |                |                                |                     |
| <i>Wissen</i>   |  |                |                                |                     |
| <i>Fertigkeiten</i>   |  |                |                                |                     |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                                    | <p>The students are able to plan, prepare, conduct and document experiments according to scientific guidelines in small groups.</p> <p>The students can discuss their subject related knowledge among each other and with their teachers.</p> <p>The students are able to obtain further information for experimental planning and assess their relevance autonomously.</p>  |                |                                |                     |
| <i>Sozialkompetenz</i>  |  |                |                                |                     |
| <i>Selbstständigkeit</i>  |  |                |                                |                     |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84   |                |                                |                     |
| <b>Leistungspunkte</b>  | 6  |                |                                |                     |
| <b>Studienleistung</b>  | <b>Verpflichtend</b>   | <b>Form</b>    | <b>Art der Studienleistung</b> | <b>Beschreibung</b> |
|   | Ja   | Keiner         | Referat                        |                     |
| <b>Prüfung</b>  | Klausur  |                |                                |                     |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                                | 120 min  |                |                                |                     |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>                         | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Kernqualifikation: Pflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht  |                |                                |                     |

| <b>Lehrveranstaltung L0223: Analysis and Design of Heterogeneous Catalytic Reactors</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Raimund Horn  |
| <b>Sprachen</b>   | EN  |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Material- and Energybalance of the two-dimensional zweidimensionalen pseudo-homogeneous reactor model</li> <li>2. Numerical solution of ordinary differential equations (Euler, Runge-Kutta, solvers for stiff problems, step controlled solvers)</li> <li>3. Reactor design with one-dimensional models (ethane cracker, catalyst deactivation, tubular reactor with deactivating catalyst, moving bed reactor with regenerating catalyst, riser reactor, fluidized bed reactor)</li> <li>4. Partial differential equations (classification, numerical solution Lösung, finite difference method, method of lines)</li> <li>5. Examples of reactor design (isothermal tubular reactor with axial dispersion, dehydrogenation of ethyl benzene, wrong-way behaviour)</li> <li>6. Boundary value problems (numerical solution, shooting method, concentration- and temperature profiles in a catalyst pellet, multiphase reactors, trickle bed reactor)</li> </ol> |
| <b>Literatur</b>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lecture notes R. Horn</li> <li>2. Lecture notes F. Keil</li> <li>3. G. F. Froment, K. B. Bischoff, J. De Wilde, Chemical Reactor Analysis and Design, John Wiley &amp; Sons, 2010</li> <li>4. R. Aris, Elementary Chemical Reactor Analysis, Dover Pubn. Inc., 2000</li> </ol>  |

| <b>Lehrveranstaltung L0533: Modern Methods in Heterogeneous Catalysis</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Raimund Horn   |
| <b>Sprachen</b>   | EN   |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>   | <p>Heterogeneous Catalysis and Chemical Reaction Engineering are inextricably linked. About 90% of all chemical intermediates and consumer products (fuels, plastics, fertilizers etc.) are produced with the aid of catalysts. Most of them, in particular large scale products, are produced by heterogeneous catalysis viz. gaseous or liquid reactants react on solid catalysts. In multiphase reactors gases, liquids and a solid catalyst are present.</p> <p>Heterogeneous catalysis plays also a key role in any future energy scenario (fuel cells, electrocatalytic splitting of water) and in environmental engineering (automotive catalysis, photocatalytic abatement of water pollutants).</p> <p>Heterogeneous catalysis is an interdisciplinary science requiring knowledge of different scientific disciplines such as</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materials Science (synthesis and characterization of solid catalysts)</li> <li>• Physics (structure and electronic properties of solids, defects)</li> <li>• Physical Chemistry (thermodynamics, reaction mechanisms, chemical kinetics, adsorption, desorption, spectroscopy, surface chemistry, theory)</li> <li>• Reaction Engineering (catalytic reactors, mass- and heat transport in catalytic reactors, multi-scale modeling, application of heterogeneous catalysis)</li> </ul> <p>The class „Modern Methods in Heterogeneous Catalysis“ will deal with the above listed aspects of heterogeneous catalysis beyond the material presented in the normal curriculum of chemical reaction engineering classes. In the corresponding laboratory will have the opportunity to apply their aquired theoretical knowledge by synthesizing a solid catalyst, characterizing it with a variety of modern instrumental methods (e.g. BET, chemisorption, pore analysis, XRD, Raman-Spectroscopy, Electron Microscopy) and measuring its kinetics. Class and laboratory „Modern Methods in Heterogeneous Catalysis“ in combination with the lecture „Analysis and Design of Heterogeneous Catalytic Reactors“ will give interested students the opportunity to specialize in this vibrant, multifaceted and application oriented field of research.</p> |
| <b>Literatur</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• J.M. Thomas, W.J. Thomas: Principles and Practice of Heterogeneous Catalysis, VCH</li> <li>• I. Chorkendorff, J. W. Niemantsverdriet, Concepts of Modern Catalysis and Kinetics, WILEY-VCH</li> <li>• B.C. Gates: Catalytic Chemistry, John Wiley</li> <li>• R.A. van Santen, P.W.N.M. van Leeuwen, J.A. Moulijn, B.A. Averill (Eds.): Catalysis: an integrated approach, Elsevier</li> <li>• D.P. Woodruff, T.A. Delchar: Modern Techniques of Surface Science, Cambridge Univ. Press</li> <li>• J.W. Niemantsverdriet: Spectroscopy in Catalysis, VCH</li> <li>• F. Delannay (Ed.): Characterization of heterogeneous catalysts, Marcel Dekker</li> <li>• C.H. Bartholomew, R.J. Farrauto: Fundamentals of Industrial Catalytic Processes (2nd Ed.), Wiley</li> </ul>   |

| <b>Lehrveranstaltung L0534: Modern Methods in Heterogeneous Catalysis</b> |                                    |
|---|------------------------------------|
| <b>Typ</b>  | Laborpraktikum                     |
| <b>SWS</b>  | 2                                  |
| <b>LP</b>   | 2                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Raimund Horn                 |
| <b>Sprachen</b>   | EN                                 |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe                               |
| <b>Inhalt</b>   | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

| Modul M0906: Numerical Simulation and Lagrangian Transport      |  |
|---|--|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                                      |  |
| <b>Titel</b>  | <b>Typ</b> <b>SWS</b> <b>LP</b>  |
| Lagrangescher Transport in turbulenten Strömungen (L2301)       | Vorlesung                      2                      3  |
| Numerische Strömungssimulation - Übung mit OpenFoam (L1375)     | Gruppenübung                      1                      1   |
| Numerische Strömungssimulation in der Verfahrenstechnik (L1052) | Vorlesung                      2                      2  |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                                    | Prof. Michael Schlüter   |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                                | None   |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematics I-IV</li> <li>• Basic knowledge in Fluid Mechanics</li> <li>• Basic knowledge in chemical thermodynamics</li> </ul>   |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>                   | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |
| <b>Fachkompetenz</b>  | <p>After successful completion of the module the students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• explain the the basic principles of statistical thermodynamics (ensembles, simple systems)</li> <li>• describe the main approaches in classical Molecular Modeling (Monte Carlo, Molecular Dynamics) in various ensembles</li> <li>• discuss examples of computer programs in detail,</li> <li>• evaluate the application of numerical simulations,</li> <li>• list the possible start and boundary conditions for a numerical simulation.</li> </ul> |
| <i>Wissen</i>   |  |
| <b>Fertigkeiten</b>   | <p>The students are able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• set up computer programs for solving simple problems by Monte Carlo or molecular dynamics,</li> <li>• solve problems by molecular modeling,</li> <li>• set up a numerical grid,</li> <li>• perform a simple numerical simulation with OpenFoam,</li> <li>• evaluate the result of a numerical simulation.</li> </ul>   |
| <i>Fertigkeiten</i>   |  |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                                    | <p>The students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• develop joint solutions in mixed teams and present them in front of the other students,</li> <li>• to collaborate in a team and to reflect their own contribution toward it.</li> </ul>   |
| <i>Sozialkompetenz</i>  |  |
| <b>Selbstständigkeit</b>  | <p>The students are able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• evaluate their learning progress and to define the following steps of learning on that basis,</li> <li>• evaluate possible consequences for their profession.</li> </ul>   |
| <i>Selbstständigkeit</i>  |  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                | Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70  |
| <b>Leistungspunkte</b>  | 6  |
| <b>Studienleistung</b>  | Keine  |
| <b>Prüfung</b>  | Mündliche Prüfung  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                                | 30 min   |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>                         | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Energie- und Umwelttechnik: Vertiefung Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht  |

|  |
|--|
| Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht |
|--|

**Lehrveranstaltung L2301: Lagrangian transport in turbulent flows**

|                                  |                                    |
|----------------------------------|------------------------------------|
| <b>Typ</b>                       | Vorlesung                          |
| <b>SWS</b>                       | 2                                  |
| <b>LP</b>                        | 3                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b> | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28 |
| <b>Dozenten</b>                  | Dr. Alexandra von Kameke           |
| <b>Sprachen</b>                  | EN                                 |
| <b>Zeitraum</b>                  | SoSe                               |
| <b>Inhalt</b>                    |                                    |
| <b>Literatur</b>                 |                                    |

**Lehrveranstaltung L1375: Computational Fluid Dynamics - Exercises in OpenFoam**

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| <b>Typ</b>                       | Gruppenübung   |
| <b>SWS</b>                       | 1  |
| <b>LP</b>                        | 1  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b> | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14   |
| <b>Dozenten</b>                  | Prof. Michael Schlüter   |
| <b>Sprachen</b>                  | EN   |
| <b>Zeitraum</b>                  | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• generation of numerical grids with a common grid generator</li> <li>• selection of models and boundary conditions</li> <li>• basic numerical simulation with OpenFoam within the TUHH CIP-Pool</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>                 | OpenFoam Tutorials (StudIP)  |

| <b>Lehrveranstaltung L1052: Computational Fluid Dynamics in Process Engineering</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Michael Schlüter   |
| <b>Sprachen</b>   | EN   |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction into partial differential equations</li> <li>• Basic equations</li> <li>• Boundary conditions and grids</li> <li>• Numerical methods</li> <li>• Finite difference method</li> <li>• Finite volume method</li> <li>• Time discretisation and stability</li> <li>• Population balance</li> <li>• Multiphase Systems</li> <li>• Modeling of Turbulent Flows</li> <li>• Exercises: Stability Analysis</li> <li>• Exercises: Example on CFD - analytically/numerically</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>  | <p>Paschedag A.R.: CFD in der Verfahrenstechnik: Allgemeine Grundlagen und mehrphasige Anwendungen, Wiley-VCH, 2004 ISBN 3-527-30994-2.</p> <p>Ferziger, J.H.; Peric, M.: Numerische Strömungsmechanik. Springer-Verlag, Berlin, 2008, ISBN: 3540675868.</p> <p>Ferziger, J.H.; Peric, M.: Computational Methods for Fluid Dynamics. Springer, 2002, ISBN 3-540-42074-6</p>  |

| Modul M0633: Industrial Process Automation    |   |               |                                |                     |
|---|---|---------------|--------------------------------|---------------------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                    |   |               |                                |                     |
| <b>Titel</b>                                  |   | <b>Typ</b>    | <b>SWS</b>                     | <b>LP</b>           |
| Prozessautomatisierungstechnik (L0344)        |   | Vorlesung     | 2                              | 3                   |
| Prozessautomatisierungstechnik (L0345)        |   | Gruppenübung  | 2                              | 3                   |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                  | Prof. Alexander Schlaefer   |               |                                |                     |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>              | None  |               |                                |                     |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>               | mathematics and optimization methods<br>principles of automata<br>principles of algorithms and data structures<br>programming skills  |               |                                |                     |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht   |               |                                |                     |
| <b>Fachkompetenz</b>                          | <p>The students can evaluate and assess discrete event systems. They can evaluate properties of processes and explain methods for process analysis. The students can compare methods for process modelling and select an appropriate method for actual problems. They can discuss scheduling methods in the context of actual problems and give a detailed explanation of advantages and disadvantages of different programming methods. The students can relate process automation to methods from robotics and sensor systems as well as to recent topics like 'cyberphysical systems' and 'industry 4.0'.</p> <p>The students are able to develop and model processes and evaluate them accordingly. This involves taking into account optimal scheduling, understanding algorithmic complexity, and implementation using PLCs.</p> <p>The students work in teams to solve problems.</p> <p>The students can reflect their knowledge and document the results of their work.</p>   |               |                                |                     |
| <i>Wissen</i>                                 |   |               |                                |                     |
| <i>Fertigkeiten</i>                           |   |               |                                |                     |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                  |   |               |                                |                     |
| <i>Sozialkompetenz</i>                        |   |               |                                |                     |
| <i>Selbstständigkeit</i>                      |   |               |                                |                     |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>              | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56   |               |                                |                     |
| <b>Leistungspunkte</b>                        | 6   |               |                                |                     |
| <b>Studienleistung</b>                        | <b>Verpflichtend</b>  | <b>Anteil</b> | <b>Art der Studienleistung</b> | <b>Beschreibung</b> |
|   | Nein  | 10 %          | Übungsaufgaben                 |                     |
| <b>Prüfung</b>                                | Klausur   |               |                                |                     |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>              | 90 Minuten  |               |                                |                     |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>       | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Computer Science: Vertiefung II. Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht<br>Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht<br>Flugzeug-Systemtechnik: Vertiefung Kabinensysteme: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Mechatronik: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht<br>Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Mechatronik: Wahlpflicht<br>Mechatronik: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht |               |                                |                     |

| <b>Lehrveranstaltung L0344: Industrial Process Automation</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                              | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Alexander Schlaefer   |
| <b>Sprachen</b>   | EN  |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- foundations of problem solving and system modeling, discrete event systems</li> <li>- properties of processes, modeling using automata and Petri-nets</li> <li>- design considerations for processes (mutex, deadlock avoidance, liveness)</li> <li>- optimal scheduling for processes</li> <li>- optimal decisions when planning manufacturing systems, decisions under uncertainty</li> <li>- software design and software architectures for automation, PLCs</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>  | <p>J. Lunze: „Automatisierungstechnik“, Oldenbourg Verlag, 2012<br/>                     Reisig: Petrinetze: Modellierungstechnik, Analysemethoden, Fallstudien; Vieweg+Teubner 2010<br/>                     Hrúz, Zhou: Modeling and Control of Discrete-event Dynamic Systems; Springer 2007<br/>                     Li, Zhou: Deadlock Resolution in Automated Manufacturing Systems, Springer 2009<br/>                     Pinedo: Planning and Scheduling in Manufacturing and Services, Springer 2009</p>  |

| <b>Lehrveranstaltung L0345: Industrial Process Automation</b> |                                    |
|---|------------------------------------|
| <b>Typ</b>  | Gruppenübung                       |
| <b>SWS</b>  | 2                                  |
| <b>LP</b>   | 3                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                              | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28 |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Alexander Schlaefer          |
| <b>Sprachen</b>   | EN                                 |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe                               |
| <b>Inhalt</b>   | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

| Modul M0705: Grundwasser                        |   |            |           |
|---|---|------------|-----------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                      |   |            |           |
| <b>Titel</b>                                    | <b>Typ</b>  | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
| Geohydraulik und Stofftransport (L0539)         | Vorlesung   | 2          | 2         |
| Geohydraulik und Stofftransport (L0540)         | Gruppenübung  | 1          | 1         |
| Simulation in der Grundwasserhydrologie (L0541) | Vorlesung   | 1          | 1         |
| Simulation in der Grundwasserhydrologie (L0542) | Gruppenübung  | 2          | 2         |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                    | NN  |            |           |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                | Keine   |            |           |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundwasserhydrologie</li> <li>• Hydromechanik</li> </ul>  |            |           |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>   | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht   |            |           |
| <b>Fachkompetenz</b>                            | Die Studierenden können das Verhalten von Schadstoffen im Untergrund auf dem Wirkungspfad zwischen Boden und Gewässer qualitativ und quantitativ fundiert erklären und mit mathematisch numerischen Simulationsmodellen nachbilden.   |            |           |
| <i>Wissen</i>                                   |   |            |           |
| <i>Fertigkeiten</i>                             | Die Studierenden sind in der Lage die Bewegung und Speicherung von Wasser in der wasserungesättigten Bodenzone konzeptionell zu beschreiben. Sie sind in der Lage pF- und Ku-Funktionen zu analysieren und zu ermitteln. Es ist ihnen möglich, den Transport von gelösten Schadstoffen in der Sickerwasser- und Grundwasserzone rechnerisch nachzubilden. Dispersivitäten, Sorptionskoeffizienten, Abbauraten und die Freisetzungsraten für organische und anorganische Schadstoffe können sie bestimmen.   |            |           |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                    |   |            |           |
| <i>Sozialkompetenz</i>                          | Die Studierenden können sich bei der Lösung von Problemstellungen gegenseitig Hilfestellung geben.  |            |           |
| <i>Selbstständigkeit</i>                        | keine   |            |           |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84  |            |           |
| <b>Leistungspunkte</b>                          | 6   |            |           |
| <b>Studienleistung</b>                          | Keine   |            |           |
| <b>Prüfung</b>                                  | Klausur   |            |           |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                | 60 min Klausur und schriftliche Ausarbeitungen  |            |           |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>         | Bauingenieurwesen: Vertiefung Tragwerke: Wahlpflicht<br>Bauingenieurwesen: Vertiefung Tiefbau: Wahlpflicht<br>Bauingenieurwesen: Vertiefung Hafenbau und Küstenschutz: Wahlpflicht<br>Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Pflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht |            |           |

| <b>Lehrveranstaltung L0539: Geohydraulik und Stofftransport</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Wilfried Schneider  |
| <b>Sprachen</b>   | DE  |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>   | Pumpversuchsauswertung, Wassergehalts-Wasserspannungs-Funktion, ungesättigte Leitfähigkeits-Funktion, Brooks-Corey-Relation, van Genuchten Relation, Stofftransport in der ungesättigten Bodenzone, Stofftransport und Reaktionen im Grundwasser, |
| <b>Literatur</b>  | Todd; K. (2005): Groundwater Hydrology<br>Fetter, C.W. (2001): Applied Hydrogeology<br>Hörling & Coldewey (2005): Hydrogeologie<br>Charbeneau, R.J. (2000): Groundwater Hydraulics and pollutant Transport  |

| <b>Lehrveranstaltung L0540: Geohydraulik und Stofftransport</b> |                                    |
|---|------------------------------------|
| <b>Typ</b>  | Gruppenübung                       |
| <b>SWS</b>  | 1                                  |
| <b>LP</b>   | 1                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Wilfried Schneider           |
| <b>Sprachen</b>   | DE                                 |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe                               |
| <b>Inhalt</b>   | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

| <b>Lehrveranstaltung L0541: Simulation in der Grundwasserhydrologie</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 1  |
| <b>LP</b>   | 1  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14   |
| <b>Dozenten</b>   | Sonja Götz (geb. Schröter)   |
| <b>Sprachen</b>   | DE   |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>   | Grundlagen und theoretischer Hintergrund der in Wissenschaft und Praxis häufig verwendeten Simulationsmodelle für Pumpversuchsauswertung, Wasserbewegung in der wasserungesättigten Zone, Transport von wasser gelösten Stoffen in der wasserungesättigten Zone, Grundwasserneubildung, Schadstofftransport im Grundwasser |
| <b>Literatur</b>  | Handbücher der verwendeten Simulationsmodelle werden bereitgestellt.   |

| <b>Lehrveranstaltung L0542: Simulation in der Grundwasserhydrologie</b> |                                    |
|---|------------------------------------|
| <b>Typ</b>  | Gruppenübung                       |
| <b>SWS</b>  | 2                                  |
| <b>LP</b>   | 2                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| <b>Dozenten</b>   | Sonja Götz (geb. Schröter)         |
| <b>Sprachen</b>   | DE                                 |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe                               |
| <b>Inhalt</b>   | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

| Modul M0876: Wasserchemisches Praktikum       |   |                |  |
|---|---|----------------|--|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                    |   |                |  |
| <b>Titel</b>                                  | <b>Typ</b>  | <b>SWS</b>     | <b>LP</b>  |
| Chemie der Trinkwasseraufbereitung (L0311)    | Vorlesung   | 2              | 1  |
| Chemie der Trinkwasseraufbereitung (L0312)    | Hörsaalübung  | 1              | 2  |
| Laborpraktikum Wasserchemie (L0965)           | Laborpraktikum  | 4              | 3  |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                  | Prof. Kerstin Kuchta  |                |  |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>              | Keine   |                |  |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>               | keine   |                |  |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht   |                |  |
| <b>Fachkompetenz</b>                          | <p><i>Wissen</i></p> <p>Die Studierenden können die Löslichkeit von Gasen, Kohlensäure-Gleichgewicht, Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht, Entsäuerung erklären, die Mischung von Wässern, Enthärtung und Redoxprozessen beschreiben und gesetzliche Anforderungen an die Aufbereitung detailliert erläutern.</p> <p><i>Fertigkeiten</i></p> <p>Die Studierende sind in der Lage, in der Gruppe Teilaufgaben zu definieren und zueinander abzugrenzen, diese Teilaufgaben selbständig zu bearbeiten und sie abschließend in die Gruppenergebnisse zu integrieren.</p> <p>Darüber hinaus sind die Teilnehmenden in der Lage Versuche durchzuführen, zu protokollieren und auszuwerten sowie Techniken, Messungen kritisch zu bewerten. Die Studierenden können technische Kommunikationstechniken auf schriftlicher Basis anwenden.</p> |                |  |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                  | <p><i>Sozialkompetenz</i></p> <p>Die Studierenden können wissenschaftliche Aufgabenstellungen fachspezifisch und fachübergreifend diskutieren, in der Kleingruppe (2-5 Personen) gemeinsame Lösungen entwickeln sowie ihre eigenen Arbeitsergebnisse vor Kommilitonen vertreten. Sie können fachlich konstruktives Feedback an Kommilitonen geben und mit Rückmeldungen zu ihren eigenen Leistungen umgehen.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i></p> <p>Die Studierenden können sich gegebene Literatur zu den Versuchen erschließen, sich das darin enthaltene Wissen aneignen und im Labor anwenden.</p>  |                |  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>              | Eigenstudium 82, Präsenzstudium 98  |                |  |
| <b>Leistungspunkte</b>                        | 6   |                |  |
| <b>Studienleistung</b>                        | <b>Verpflichtend</b>  | <b>Ordnung</b> | <b>Art der Studienleistung</b> <b>Beschreibung</b> |
|   | Ja  | Keiner         | Schriftliche Ausarbeitung                          |
| <b>Prüfung</b>                                | Klausur   |                |  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>              | 1 Stunde  |                |  |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>       | Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht   |                |  |

| <b>Lehrveranstaltung L0311: Chemie der Trinkwasseraufbereitung</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 1  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                   | Eigenstudium 2, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>  | Dr. Klaus Johannsen  |
| <b>Sprachen</b>  | DE   |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>  | <p>In der Vorlesung wird das für die Praxis relevante wasserchemische Wissen mit Bezug auf die Wassergewinnung, -aufbereitung und -verteilung vermittelt.</p> <p>Die Themenschwerpunkte sind Löslichkeit von Gasen, Kohlensäure-Gleichgewicht, Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht, Entsäuerung, Mischung von Wässern, Enthärtung, Redoxprozesse, Werkstoffe sowie gesetzliche Anforderungen an die Aufbereitung. Alle Themen werden vor dem Hintergrund der allgemein anerkannten Regeln der Technik (DVGW-Regelwerk, DIN-Normen) praxisnah behandelt.</p> <p>Ein wesentlicher Teil der Veranstaltung sind Berechnungen anhand realer Analysendaten (z.B. Berechnung des pH-Wertes und der Calcitlösekapazität ). Zu jeder Einheit gibt es Übungen und Hausaufgaben. Durch das Lösen der Hausaufgaben erhalten die Studierenden ein Feedback und können Bonuspunkte für die Klausur erwerben.</p> <p>Da Kenntnisse der Wasseraufbereitungsprozesse von großer Bedeutung sind, werden diese in Abstimmung mit der Vorlesung „Wasserressourcenmanagement“ zu Beginn des Semesters erklärt.</p> |
| <b>Literatur</b>   | <p><b>MHW (rev. by Crittenden, J. et al.):</b> Water treatment principles and design. John Wiley &amp; Sons, Hoboken, 2005.</p> <p><b>Stumm, W., Morgan, J.J.:</b> Aquatic chemistry. John Wiley &amp; Sons, New York, 1996.</p> <p><b>DVGW (Hrsg.):</b> Wasseraufbereitung - Grundlagen und Verfahren. Oldenbourg Industrie Verlag, München, 2004.</p> <p><b>Jensen, J. N.:</b> A Problem Solving Approach to Aquatic Chemistry. John Wiley &amp; Sons, Inc., New York, 2003.</p>   |

| <b>Lehrveranstaltung L0312: Chemie der Trinkwasseraufbereitung</b> |                                    |
|--|------------------------------------|
| <b>Typ</b>   | Hörsaalübung                       |
| <b>SWS</b>   | 1                                  |
| <b>LP</b>  | 2                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                   | Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14 |
| <b>Dozenten</b>  | Dr. Klaus Johannsen                |
| <b>Sprachen</b>  | DE                                 |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe                               |
| <b>Inhalt</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>   | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

| <b>Lehrveranstaltung L0965: Practical Course Aquatic Chemistry</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Laborpraktikum  |
| <b>SWS</b>   | 4   |
| <b>LP</b>  | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                   | Eigenstudium 34, Präsenzstudium 56  |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Kerstin Kuchta  |
| <b>Sprachen</b>  | EN  |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>  | <p>The practical course is conducted as a block course and lasts for 1 week. There are simple but typical methods for chemical analysis for water, sewage, soil and waste taught, which serve the students as the basis for their later work in this area.</p> <p>In this practical course for example the Institutes of Wastewater Management and Water Protection (IAG), Environmental Technology and Energy Economics(IUE), Water Resources and Water Supply (IWW) are involved.</p> <p>In the following examples of experiments and methods taught in the course are summarized:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Surface waters: sampling of water and sediment</li> <li>• Determination of the pH-value</li> <li>• Determination of the redox potential</li> <li>• Determination of a heavy metal (Zn)</li> <li>• Acid neutralizing capacity (sediment)</li> <li>• Flocculation or co-precipitation of water-suspended titanium dioxide particles</li> <li>• Precipitation of phosphate with Fe<sup>3+</sup> +</li> <li>• determine the toxicity of wastewater components against bacteria</li> <li>• denitrification</li> <li>• Electrical conductivity</li> <li>• Acid and base capacity (m- and p-value)</li> <li>• Determination of permanent gases (H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) in Landfill Gas</li> <li>• Determining a grading curve by screens</li> <li>• Determination of volatile organic acids and the total content of inorganic carbonate (FOS / TAC) by means of pH titration in samples from biogas plants</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>   |   |

| <b>Modul M0881: Mathematische Bildverarbeitung</b> |   |
|--|---|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                         |   |
| <b>Titel</b>                                       | <b>Typ</b> <b>SWS</b> <b>LP</b>   |
| Mathematische Bildverarbeitung (L0991)             | Vorlesung                      3                      4   |
| Mathematische Bildverarbeitung (L0992)             | Gruppenübung                      1                      2  |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                       | Prof. Marko Lindner   |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                   | Keine   |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analysis: partielle Ableitungen, Gradient, Richtungsableitung</li> <li>• Lineare Algebra: Eigenwerte, lineares Ausgleichsproblem</li> </ul>  |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>      | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht   |
| <b>Fachkompetenz</b>                               | Die Studierenden können   |
| <i>Wissen</i>                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klassen von Diffusionsgleichungen charakterisieren und vergleichen</li> <li>• elementare Methoden der Bildverarbeitung erklären</li> <li>• Methoden zur Segmentierung und Registrierung erläutern</li> <li>• funktionalanalytische Grundlagen skizzieren und gegenüberstellen</li> </ul>   |
| <i>Fertigkeiten</i>                                | Die Studierenden können <ul style="list-style-type: none"> <li>• elementare Methoden der Bildverarbeitung implementieren und anwenden</li> <li>• moderne Methoden der Bildverarbeitung erklären und anwenden</li> </ul>   |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                       |   |
| <i>Sozialkompetenz</i>                             | Studierende können in heterogen zusammengesetzten Teams (d.h. aus unterschiedlichen Studiengängen und mit unterschiedlichem Hintergrundwissen) zusammenarbeiten und sich theoretische Grundlagen erklären.  |
| <i>Selbstständigkeit</i>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Studierende können eigenständig ihr Verständnis mathematischer Konzepte überprüfen, noch offene Fragen auf den Punkt bringen und sich gegebenenfalls gezielt Hilfe holen.</li> <li>• Studierende haben eine genügend hohe Ausdauer entwickelt, um auch über längere Zeiträume an schwierigen Problemstellungen zu arbeiten.</li> </ul>   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                   | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56   |
| <b>Leistungspunkte</b>                             | 6   |
| <b>Studienleistung</b>                             | Keine   |
| <b>Prüfung</b>                                     | Mündliche Prüfung   |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                   | 20 min  |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>            | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Computer Science: Vertiefung III. Mathematik: Wahlpflicht<br>Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung III. Mathematik: Wahlpflicht<br>Mechatronics: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht<br>Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht<br>Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht<br>Technomathematik: Vertiefung I. Mathematik: Wahlpflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Numerik und Informatik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht |

| <b>Lehrveranstaltung L0991: Mathematische Bildverarbeitung</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>   | 3  |
| <b>LP</b>  | 4  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                               | Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42   |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Marko Lindner  |
| <b>Sprachen</b>  | DE/EN  |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementare Methoden der Bildverarbeitung</li> <li>• Glättungsfilter</li> <li>• Grundlagen der Diffusions- bzw. Wärmeleitgleichung</li> <li>• Variationsformulierungen in der Bildverarbeitung</li> <li>• Kantenerkennung</li> <li>• Entfaltung</li> <li>• Inpainting</li> <li>• Segmentierung</li> <li>• Registrierung</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>   | Bredies/Lorenz: Mathematische Bildverarbeitung   |

| <b>Lehrveranstaltung L0992: Mathematische Bildverarbeitung</b> |                                    |
|--|------------------------------------|
| <b>Typ</b>   | Gruppenübung                       |
| <b>SWS</b>   | 1                                  |
| <b>LP</b>  | 2                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                               | Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14 |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Marko Lindner                |
| <b>Sprachen</b>  | DE/EN                              |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe                               |
| <b>Inhalt</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>   | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

| Modul M0537: Applied Thermodynamics: Thermodynamic Properties for Industrial Applications |  |              |  |
|---|--|--------------|--|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>  |  |              |  |
| <b>Titel</b>  | <b>Typ</b>   | <b>SWS</b>   | <b>LP</b>  |
| Angewandte Thermodynamik: Thermodynamische Größen für industrielle Anwendungen (L0100)    | Vorlesung  | 4            | 3  |
| Angewandte Thermodynamik: Thermodynamische Größen für industrielle Anwendungen (L0230)    | Gruppenübung   | 2            | 3  |
| <b>Modulverantwortlicher</b>  | Dr. Sven Jakobtorweihen  |              |  |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>  | None   |              |  |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>   | Thermodynamics III   |              |  |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>   | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |              |  |
| <b>Fachkompetenz</b>  | <p>The students are capable to formulate thermodynamic problems and to specify possible solutions. Furthermore, they can describe the current state of research in thermodynamic property predictions.</p> <p style="text-align: right;"><i>Wissen</i></p> <p>The students are capable to apply modern thermodynamic calculation methods to multi-component mixtures and relevant biological systems. They can calculate phase equilibria and partition coefficients by applying equations of state, gE models, and COSMO-RS methods. They can provide a comparison and a critical assessment of these methods with regard to their industrial relevance. The students are capable to use the software COSMOtherm and relevant property tools of ASPEN and to write short programs for the specific calculation of different thermodynamic properties. They can judge and evaluate the results from thermodynamic calculations/predictions for industrial processes.</p> <p style="text-align: right;"><i>Fertigkeiten</i></p> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p style="text-align: right;"><i>Sozialkompetenz</i></p> <p>Students are capable to develop and discuss solutions in small groups; further they can translate these solutions into calculation algorithms.</p> <p style="text-align: right;"><i>Selbstständigkeit</i></p> <p>Students can rank the field of "Applied Thermodynamics" within the scientific and social context. They are capable to define research projects within the field of thermodynamic data calculation.</p> |              |  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84   |              |  |
| <b>Leistungspunkte</b>  | 6  |              |  |
| <b>Studienleistung</b>  | <b>Verpflichtend</b>   | <b>Bonus</b> | <b>Art der Studienleistung</b> <b>Beschreibung</b> |
|   | Ja   | Keiner       | Schriftliche Ausarbeitung                          |
| <b>Prüfung</b>  | Mündliche Prüfung  |              |  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>  |  |              |  |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>   | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Kernqualifikation: Pflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht  |              |  |

| <b>Lehrveranstaltung L0100: Applied Thermodynamics: Thermodynamic Properties for Industrial Applications</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>   | 4  |
| <b>LP</b>  | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 34, Präsenzstudium 56   |
| <b>Dozenten</b>  | Dr. Sven Jakobtorweihen, Prof. Ralf Dohrn  |
| <b>Sprachen</b>  | EN   |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Phase equilibria in multicomponent systems</li> <li>• Partitioning in biorelevant systems</li> <li>• Calculation of phase equilibria in colloidal systems: UNIFAC, COSMO-RS (exercises in computer pool)</li> <li>• Calculation of partitioning coefficients in biological membranes: COSMO-RS (exercises in computer pool)</li> <li>• Application of equations of state (vapour pressure, phase equilibria, etc.) (exercises in computer pool)</li> <li>• Intermolecular forces, interaction Potentials</li> <li>• Introduction in statistical thermodynamics</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>   |  |

| <b>Lehrveranstaltung L0230: Applied Thermodynamics: Thermodynamic Properties for Industrial Applications</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Gruppenübung   |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28                                   |
| <b>Dozenten</b>  | Dr. Sven Jakobtorweihen, Prof. Ralf Dohrn                            |
| <b>Sprachen</b>  | EN   |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>  | exercises in computer pool, see lecture description for more details |
| <b>Literatur</b>   | -  |

| Modul M0899: Synthese und Auslegung industrieller Anlagen |  |            |           |
|---|--|------------|-----------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                                |  |            |           |
| <b>Titel</b>  | <b>Typ</b>   | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
| Synthese und Auslegung industrieller Anlagen (L1048)      | Vorlesung  | 1          | 2         |
| Synthese und Auslegung industrieller Anlagen (L1977)      | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung   | 3          | 4         |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                              | Prof. Mirko Skiborowski  |            |           |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                          | Keine  |            |           |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                           | Inhalte der Module:<br>Prozess- und Anlagentechnik I und II<br>Thermische Grundoperationen<br>Wärme- und Stoffübertragung<br>CAPE (unbedingt!)   |            |           |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>             | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |            |           |
| <b>Fachkompetenz</b>                                      | Studierende können nach der Teilnahme am Modul "Synthese und Auslegung industrieller Anlagen"  |            |           |
| <i>Wissen</i>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- die Grundbausteine bei der Auslegung einer verfahrenstechnischen Anlage wiedergeben</li> <li>- die einzelnen Phasen der Auslegung auflisten und erklären</li> <li>- die Methoden für Energie, Massenbilanzen sowie Kostenberechnung beschreiben und erklären</li> <li>- die Grundzüge des Prozessführungskonzepts und der Prozessoptimierung erläutern und diskutieren</li> </ul>   |            |           |
| <i>Fertigkeiten</i>                                       | Studierende sind nach der Teilnahme am Modul "Synthese und Auslegung industrieller Anlagen" in der Lage <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Auslegung einzelner Unit Operations durchzuführen und auszuwerten</li> <li>- die einzelnen Unit Operations miteinander so zu verknüpfen, dass daraus eine vollständige verfahrenstechnische Anlage geplant werden kann</li> <li>- die Methoden der Kostenrechnung anzuwenden und auf dieser Basis die Herstellkosten zu berechnen</li> <li>- die einzelnen Apparate in Form eines RI-Fliessbildes umzusetzen</li> <li>- für eine Produktionsanlage eine sicherheitstechnische, prozessführungstechnische Beurteilung durchzuführen</li> <li>- eine abschliessende Optimierung des Prozesses umzusetzen</li> </ul> |            |           |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Studierenden sind in der Lage, selbstständig und eigenverantwortlich die Folge ihres beruflichen Handelns einzuschätzen</li> </ul>  |            |           |
| <i>Sozialkompetenz</i>                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- durch die detaillierte Betrachtung eines ganzen Produktionsprozesses wird das eigenständige und verantwortliche Handeln auf allen Prozessebenen unterstützt</li> </ul>  |            |           |
| <i>Selbstständigkeit</i>                                  |  |            |           |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                          | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56  |            |           |
| <b>Leistungspunkte</b>                                    | 6  |            |           |

|   |   |
|---|---|
| <b>Studienleistung<br/>Prüfung</b>          | Keine<br>Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>            | Engineering Handbook und mündliche Prüfung (20 min)   |
| <b>Zuordnung zu folgenden<br/>Curricula</b> | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht |

| <b>Lehrveranstaltung L1048: Synthese und Auslegung industrieller Anlagen</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>   | 1   |
| <b>LP</b>  | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in<br/>Stunden</b>   | Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14  |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Mirko Skiborowski, Dr. Thomas Waluga  |
| <b>Sprachen</b>  | DE/EN   |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>  | Aufgabenstellung<br>Einführung in Auslegung und Analyse industrieller Anlagen<br>Diskussion des Prozesses und Erstellung des Flowsheets<br>Berechnung der Massenbilanz<br>Berechnung der Energiebilanz<br>Auslegung der Equipment-Bestandteile<br>Berechnung der Investitionskosten<br>Berechnung der Herstellkosten<br>Prozessführung und Sicherheitsanalyse   |
| <b>Literatur</b>   | Richard Turton; Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes:International Edition<br>Harry Silla; Chemical Process Engineering: Design And Economics<br>Coulson and Richardson's Chemical Engineering, Volume 6, Second Edition: Chemical Engineering Design<br>Lorenz T. Biegler;Systematic Methods of Chemical Process Design<br>Max S. Peters, Klaus Timmerhaus; Plant Design and Economics for Chemical Engineers<br>James Douglas; Conceptual Design of Chemical Processes<br>Robin Smith; Chemical Process: Design and Integration<br>Warren D. Seider; Process design principles, synthesis analysis and evaluation |

| <b>Lehrveranstaltung L1977: Synthese und Auslegung industrieller Anlagen</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung   |
| <b>SWS</b>   | 3  |
| <b>LP</b>  | 4  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42   |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Mirko Skiborowski, Dr. Thomas Waluga   |
| <b>Sprachen</b>  | DE/EN  |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>  | <p>Einführung in Auslegung und Analyse industrieller Anlagen<br/>           Diskussion des Prozesses und Erstellung des Flowsheets<br/>           Berechnung der Massenbilanz<br/>           Berechnung der Energiebilanz<br/>           Auslegung der Equipment-Bestandteile<br/>           Berechnung der Investitionskosten<br/>           Berechnung der Herstellkosten<br/>           Prozessführung und Sicherheitsanalyse</p>   |
| <b>Literatur</b>   | <p>Richard Turton; Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes:International Edition<br/>           Harry Silla; Chemical Process Engineering: Design And Economics<br/>           Coulson and Richardson's Chemical Engineering, Volume 6, Second Edition: Chemical Engineering Design<br/>           Lorenz T. Biegler;Systematic Methods of Chemical Process Design<br/>           Max S. Peters, Klaus Timmerhaus; Plant Design and Economics for Chemical Engineers<br/>           James Douglas; Conceptual Design of Chemical Processes<br/>           Robin Smith; Chemical Process: Design and Integration<br/>           Warren D. Seider; Process design principles, synthesis analysis and evaluation</p> |

| Modul M0545: Separation Technologies for Life Sciences                 |  |            |           |
|--|--|------------|-----------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>   |  |            |           |
| <b>Titel</b>   | <b>Typ</b>   | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
| Chromatographische Trennverfahren (L0093)                              | Vorlesung  | 2          | 2         |
| Verfahrenstechnische Grundoperationen für biorelevante Systeme (L0112) | Vorlesung  | 2          | 2         |
| Verfahrenstechnische Grundoperationen für biorelevante Systeme (L0113) | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung   | 2          | 2         |
| <b>Modulverantwortlicher</b>   | Prof. Irina Smirnova   |            |           |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                                       | None   |            |           |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>  | <p>Fundamentals of Chemistry, Fluid Process Engineering, Thermal Separation Processes, Chemical Engineering, Chemical Engineering, Bioprocess Engineering</p> <p>Basic knowledge in thermodynamics and in unit operations related to thermal separation processes</p>  |            |           |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>                          | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |            |           |
| <b>Fachkompetenz</b>   | <p>On completion of the module, students are able to present an overview of the basic thermal process technology operations that are used, in particular, in the separation and purification of biochemically manufactured products. Students can describe chromatographic separation techniques and classic and new basic operations in thermal process technology and their areas of use. In their choice of separation operation students are able to take the specific properties and limitations of biomolecules into consideration. Using different phase diagrams they can explain the principle behind the basic operation and its suitability for bioseparation problems.</p> |            |           |
| <i>Wissen</i>  |  |            |           |
| <b>Fertigkeiten</b>  | <p>On completion of the module, students are able to assess the separation processes for bio- and pharmaceutical products that have been dealt with for their suitability for a specific separation problem. They can use simulation software to establish the productivity and economic efficiency of bioseparation processes. In small groups they are able to jointly design a downstream process and to present their findings in plenary and summarize them in a joint report.</p>  |            |           |
| <i>Fertigkeiten</i>  |  |            |           |
| <b>Personale Kompetenzen</b>   | <p>Students are able in small heterogeneous groups to jointly devise a solution to a technical problem by using project management methods such as keeping minutes and sharing tasks and information.</p>  |            |           |
| <i>Sozialkompetenz</i>   |  |            |           |
| <b>Selbstständigkeit</b>   | <p>Students are able to prepare for a group assignment by working their way into a given problem on their own. They can procure the necessary information from suitable literature sources and assess its quality themselves. They are also capable of independently preparing the information gained in a way that all participants can understand (by means of reports, minutes, and presentations).</p>   |            |           |
| <i>Selbstständigkeit</i>   |  |            |           |

|   |  |             |                                |
|---|--|-------------|--------------------------------|
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>        | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84   |             |                                |
| <b>Leistungspunkte</b>                  | 6  |             |                                |
| <b>Studienleistung</b>                  | <b>Verpflichtend</b>   | <b>Form</b> | <b>Art der Studienleistung</b> |
|   | Ja   | Keiner      | Referat                        |
| <b>Prüfung</b>                          | Klausur  |             |                                |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>        | 120 Minuten; Theorie und Rechenaufgaben (schriftlich)  |             |                                |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b> | Bioverfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Kernqualifikation: Pflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht |             |                                |

| <b>Lehrveranstaltung L0093: Chromatographic Separation Processes</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>   | 2   |
| <b>LP</b>  | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                     | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>  | Dr. Monika Johannsen  |
| <b>Sprachen</b>  | EN  |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction: overview, history of chromatography, LC (HPLC), GC, SFC</li> <li>• Fundamentals of linear (analytical) chromatography, retention time/factor, separation factor, peak resolution, band broadening, Van-Deemter equation</li> <li>• Fundamentals of nonlinear chromatography, discontinuous and continuous preparative chromatography (annular, true moving bed - TMB, simulated moving bed - SMB)</li> <li>• Adsorption equilibrium: experimental determination of adsorption isotherms and modeling</li> <li>• Equipment for chromatography, production and characterization of chromatographic adsorbents</li> <li>• Method development, scale up methods, process design, modeling of chromatographic processes, economic aspects</li> <li>• Applications: e.g. normal phase chromatography, reversed phase chromatography, hydrophobic interaction chromatography, chiral chromatography, bioaffinity chromatography, ion exchange chromatography</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schmidt-Traub, H.: Preparative Chromatography of Fine Chemicals and Pharmaceutical Agents. Weinheim: Wiley-VCH (2005) - eBook</li> <li>• Carta, G.: Protein chromatography: process development and scale-up. Weinheim: Wiley-VCH (2010)</li> <li>• Guiochon, G.; Lin, B.: Modeling for Preparative Chromatography. Amsterdam: Elsevier (2003)</li> <li>• Hagel, L.: Handbook of process chromatography: development, manufacturing, validation and economics. London ; Burlington, MA Academic (2008) - eBook</li> </ul>  |

| <b>Lehrveranstaltung L0112: Unit Operations for Bio-Related Systems</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Irina Smirnova  |
| <b>Sprachen</b>   | EN  |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>   | <p>Contents:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction: overview about the separation process in biotechnology and pharmacy</li> <li>• Handling of multicomponent systems</li> <li>• Adsorption of biologic molecules</li> <li>• Crystallization of biologic molecules</li> <li>• Reactive extraction</li> <li>• Aqueous two-phase systems</li> <li>• Micellar systems: micellar extraction and micellar chromatographie</li> <li>• Electrophoresis</li> <li>• Choice of the separation process for the specific systems</li> </ul> <p>Learning Outcomes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic knowledge of separation processes for biotechnological and pharmaceutical processes</li> <li>• Identification of specific features and limitations in bio-related systems</li> <li>• Proof of economical value of the process</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>  | <p>"Handbook of Bioseparations", Ed. S. Ahuja<br/> <a href="http://www.elsevier.com/books/handbook-of-bioseparations-2/ahuja/978-0-12-045540-9">http://www.elsevier.com/books/handbook-of-bioseparations-2/ahuja/978-0-12-045540-9</a></p> <p>"Bioseparations Engineering" M. R. Ladish<br/> <a href="http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0471244767.html">http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0471244767.html</a></p>  |

| <b>Lehrveranstaltung L0113: Unit Operations for Bio-Related Systems</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28         |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Irina Smirnova                       |
| <b>Sprachen</b>   | EN   |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe                                       |
| <b>Inhalt</b>   | Siehe korrespondierende Vorlesung          |
| <b>Literatur</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung          |

| Modul M0662: Numerical Mathematics I          |  |              |            |           |
|---|--|--------------|------------|-----------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                    |  |              |            |           |
| <b>Titel</b>                                  |  | <b>Typ</b>   | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
| Numerische Mathematik I (L0417)               |  | Vorlesung    | 2          | 3         |
| Numerische Mathematik I (L0418)               |  | Gruppenübung | 2          | 3         |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                  | Prof. Sabine Le Borne  |              |            |           |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>              | None   |              |            |           |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematik I + II for Engineering Students (german or english) <b>or</b> Analysis &amp; Linear Algebra I + II for Technomathematicians</li> <li>• basic MATLAB knowledge</li> </ul>   |              |            |           |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |              |            |           |
| <b>Fachkompetenz</b>                          | <p>Students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• name numerical methods for interpolation, integration, least squares problems, eigenvalue problems, nonlinear root finding problems and to explain their core ideas,</li> <li>• repeat convergence statements for the numerical methods,</li> <li>• explain aspects for the practical execution of numerical methods with respect to computational and storage complexitx.</li> </ul>   |              |            |           |
| <i>Wissen</i>                                 |  |              |            |           |
| <b>Fertigkeiten</b>                           | <p>Students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• implement, apply and compare numerical methods using MATLAB,</li> <li>• justify the convergence behaviour of numerical methods with respect to the problem and solution algorithm,</li> <li>• select and execute a suitable solution approach for a given problem.</li> </ul>   |              |            |           |
| <i>Fertigkeiten</i>                           |  |              |            |           |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                  | <p>Students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• work together in heterogeneously composed teams (i.e., teams from different study programs and background knowledge), explain theoretical foundations and support each other with practical aspects regarding the implementation of algorithms.</li> </ul>  |              |            |           |
| <i>Sozialkompetenz</i>                        |  |              |            |           |
| <b>Selbstständigkeit</b>                      | <p>Students are capable</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• to assess whether the supporting theoretical and practical excercises are better solved individually or in a team,</li> <li>• to assess their individual prograss and, if necessary, to ask questions and seek help.</li> </ul>   |              |            |           |
| <i>Selbstständigkeit</i>                      |  |              |            |           |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>              | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56  |              |            |           |
| <b>Leistungspunkte</b>                        | 6  |              |            |           |
| <b>Studienleistung</b>                        | Keine  |              |            |           |
| <b>Prüfung</b>                                | Klausur  |              |            |           |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>              | 90 Minuten   |              |            |           |
|   | Allgemeine Ingenieurwissenschaften (7 Semester): Vertiefung Informatik: Pflicht<br>Allgemeine Ingenieurwissenschaften (7 Semester): Vertiefung Maschinenbau, Schwerpunkt Materialien in den Ingenieurwissenschaften: Pflicht<br>Allgemeine Ingenieurwissenschaften (7 Semester): Vertiefung Medizingenieurwesen: Pflicht<br>Allgemeine Ingenieurwissenschaften (7 Semester): Vertiefung Maschinenbau, Schwerpunkt Biomechanik: Pflicht<br>Allgemeine Ingenieurwissenschaften (7 Semester): Vertiefung Maschinenbau, Schwerpunkt Theoretischer Maschinenbau: Pflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Computer Science: Vertiefung Computermathematik: Wahlpflicht<br>Computer Science: Vertiefung II. Mathematik und Ingenieurwissenschaften: |              |            |           |

|   |  |
|---|--|
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b> | Wahlpflicht<br>Data Science: Kernqualifikation: Pflicht<br>Elektrotechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht<br>Engineering Science: Kernqualifikation: Pflicht<br>General Engineering Science (7 Semester): Vertiefung Maschinenbau, Schwerpunkt<br>Theoretischer Maschinenbau: Wahlpflicht<br>General Engineering Science (7 Semester): Kernqualifikation: Pflicht<br>General Engineering Science (7 Semester): Vertiefung Informatik: Pflicht<br>General Engineering Science (7 Semester): Vertiefung Maschinenbau, Schwerpunkt<br>Biomechanik: Pflicht<br>General Engineering Science (7 Semester): Vertiefung Maschinenbau, Schwerpunkt<br>Materialien in den Ingenieurwissenschaften: Pflicht<br>General Engineering Science (7 Semester): Vertiefung Maschinenbau, Schwerpunkt<br>Theoretischer Maschinenbau: Pflicht<br>General Engineering Science (7 Semester): Vertiefung Medizingenieurwesen: Pflicht<br>Informatik-Ingenieurwesen: Kernqualifikation: Pflicht<br>Maschinenbau: Vertiefung Theoretischer Maschinenbau: Wahlpflicht<br>Maschinenbau: Vertiefung Theoretischer Maschinenbau: Pflicht<br>Maschinenbau: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs Kernfächer: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht |
|---|--|

| Lehrveranstaltung L0417: Numerical Mathematics I |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>                                       | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>                                       | 2   |
| <b>LP</b>  | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                 | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>                                  | Prof. Sabine Le Borne   |
| <b>Sprachen</b>                                  | EN  |
| <b>Zeitraum</b>                                  | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>                                    | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Error analysis: Number representation, error types, conditioning and stability</li> <li>2. Interpolation: polynomial and spline interpolation</li> <li>3. Numerical integration and differentiation: order, Newton-Cotes formula, error estimates, Gaussian quadrature, adaptive quadrature, difference formulas</li> <li>4. Linear systems: LU and Cholesky factorization, matrix norms, conditioning</li> <li>5. Linear least squares problems: normal equations, Gram.Schmidt and Householder orthogonalization, singular value decomposition, regularization</li> <li>6. Eigenvalue problems: power iteration, inverse iteration, QR algorithm</li> <li>7. Nonlinear systems of equations: Fixed point iteration, root-finding algorithms for real-valued functions, Newton and Quasi-Newton methods for systems</li> </ol> |
| <b>Literatur</b>                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stoer/Bulirsch: Numerische Mathematik 1, Springer</li> <li>• Dahmen, Reusken: Numerik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Springer</li> </ul>   |

| Lehrveranstaltung L0418: Numerical Mathematics I |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>                                       | Gruppenübung                                |
| <b>SWS</b>                                       | 2   |
| <b>LP</b>  | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                 | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28          |
| <b>Dozenten</b>                                  | Prof. Sabine Le Borne, Dr. Jens-Peter Zemke |
| <b>Sprachen</b>                                  | EN  |
| <b>Zeitraum</b>                                  | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>                                    | Siehe korrespondierende Vorlesung           |
| <b>Literatur</b>                                 | Siehe korrespondierende Vorlesung           |

## Modul M0900: Ausgewählte Prozesse der Feststoffverfahrenstechnik

### Lehrveranstaltungen

| Titel  | Typ            | SWS | LP |
|--|----------------|-----|----|
| Grundlagen der Wirbelschichttechnologie (L0431)        | Vorlesung      | 2   | 2  |
| Praktikum Wirbelschichttechnologie (L1369)             | Laborpraktikum | 1   | 1  |
| Technische Anwendungen der Partikeltechnologie (L0955) | Vorlesung      | 2   | 2  |
| Übungen zur Wirbelschichttechnologie (L1372)           | Gruppenübung   | 1   | 1  |

|                              |                       |
|------------------------------|-----------------------|
| <b>Modulverantwortlicher</b> | Prof. Stefan Heinrich |
|------------------------------|-----------------------|

|                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b> | Keine |
|----------------------------------|-------|

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b> | Kenntnisse aus dem Modul Partikeltechnologie I |
|---------------------------------|--|

|   |   |
|---|---|
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
|---|---|

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>Fachkompetenz</b>         | <p><i>Wissen</i></p> <p>Nach Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, beispielhaft die Zusammenstellung von Prozessen der Feststoffverfahrenstechnik aus Apparaten und Verfahren der Partikeltechnologie zu beschreiben und das Zusammenwirken einzelner Teilprozesse in einem Gesamtprozess erläutern.</p> <p><i>Fertigkeiten</i></p> <p>Die Studierenden sind in der Lage, Aufgabenstellungen in der Feststoffverfahrenstechnik zu analysieren und geeignete Prozessketten zusammenzustellen.</p> |
| <b>Personale Kompetenzen</b> | <p><i>Sozialkompetenz</i></p> <p>Studierende sind in der Lage fachspezifische Inhalte in wissenschaftlicher Weise zu diskutieren.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i></p> <p>Studierende sind dazu in der Lage fachspezifisches Wissen selbstständig zu vertiefen und in wissenschaftlicher Weise zu diskutieren.</p>  |

|                                  |                                    |
|----------------------------------|------------------------------------|
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b> | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84 |
|----------------------------------|------------------------------------|

|                        |   |
|------------------------|---|
| <b>Leistungspunkte</b> | 6 |
|------------------------|---|

| Studienleistung | Verpflichtend | Prüfung | Art der Studienleistung   | Beschreibung  |
|-----------------|---------------|---------|---------------------------|---|
|                 | Ja            | Keiner  | Schriftliche Ausarbeitung | drei Berichte (pro Versuch ein Bericht) à 5-10 Seiten |

|                |         |
|----------------|---------|
| <b>Prüfung</b> | Klausur |
|----------------|---------|

|                                  |             |
|----------------------------------|-------------|
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b> | 120 Minuten |
|----------------------------------|-------------|

|   |  |
|---|--|
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b> | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Energie- und Umwelttechnik: Vertiefung Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht |
|---|--|

| <b>Lehrveranstaltung L0431: Fluidization Technology</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                        | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Stefan Heinrich  |
| <b>Sprachen</b>   | EN   |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>   | Introduction: definition, fluidization regimes, comparison with other types of gas/solids reactors<br>Typical fluidized bed applications<br>Fluidmechanical principle<br>Local fluid mechanics of gas/solid fluidization<br>Fast fluidization (circulating fluidized bed)<br>Entrainment<br>Solids mixing in fluidized beds<br>Application of fluidized beds to granulation and drying processes |
| <b>Literatur</b>  | Kunii, D.; Levenspiel, O.: Fluidization Engineering. Butterworth Heinemann, Boston, 1991.  |

| <b>Lehrveranstaltung L1369: Practical Course Fluidization Technology</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Laborpraktikum  |
| <b>SWS</b>   | 1   |
| <b>LP</b>  | 1   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14  |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Stefan Heinrich   |
| <b>Sprachen</b>  | EN  |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>  | Experiments: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determination of the minimum fluidization velocity</li> <li>• heat transfer</li> <li>• granulation</li> <li>• drying</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>   | Kunii, D.; Levenspiel, O.: Fluidization Engineering. Butterworth Heinemann, Boston, 1991.   |

| <b>Lehrveranstaltung L0955: Technische Anwendungen der Partikeltechnologie</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Werner Sitzmann  |
| <b>Sprachen</b>  | DE   |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>  | Auf der Basis physikalischer Grundlagen werden die Grundoperationen Mischen, Trennen, Agglomerieren und Zerkleinern hinsichtlich ihrer technischen Anwendung aus Sicht des Praktikers diskutiert. Es werden Maschinen und Apparate vorgestellt, deren Aufbau und Wirkungsweise erklärt und ihre Einbindung in Produktionsprozesse der Chemie, der Lebens- und Futtermitteltechnik sowie der Entsorgungs- und Recyclingindustrie veranschaulicht. |
| <b>Literatur</b>   | Stieß M: Mechanische Verfahrenstechnik I und II, Springer - Verlag, 1997   |

| <b>Lehrveranstaltung L1372: Exercises in Fluidization Technology</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Gruppenübung  |
| <b>SWS</b>   | 1   |
| <b>LP</b>  | 1   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                     | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14  |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Stefan Heinrich   |
| <b>Sprachen</b>  | EN  |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>  | Exercises and calculation examples for the lecture Fluidization Technology                |
| <b>Literatur</b>   | Kunii, D.; Levenspiel, O.: Fluidization Engineering. Butterworth Heinemann, Boston, 1991. |

| Modul M0802: Membrane Technology              |  |                |                      |
|---|--|----------------|----------------------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                    |  |                |                      |
| <b>Titel</b>                                  |  | <b>Typ</b>     | <b>SWS</b> <b>LP</b> |
| Membrantechnologie (L0399)                    |  | Vorlesung      | 2      3             |
| Membrantechnologie (L0400)                    |  | Gruppenübung   | 1      2             |
| Membrantechnologie (L0401)                    |  | Laborpraktikum | 1      1             |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                  | Prof. Mathias Ernst  |                |                      |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>              | None   |                |                      |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>               | Basic knowledge of water chemistry. Knowledge of the core processes involved in water, gas and steam treatment   |                |                      |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |                |                      |
| <b>Fachkompetenz</b>                          | <p><i>Wissen</i></p> <p>Students will be able to rank the technical applications of industrially important membrane processes. They will be able to explain the different driving forces behind existing membrane separation processes. Students will be able to name materials used in membrane filtration and their advantages and disadvantages. Students will be able to explain the key differences in the use of membranes in water, other liquid media, gases and in liquid/gas mixtures.</p> <p><i>Fertigkeiten</i></p> <p>Students will be able to prepare mathematical equations for material transport in porous and solution-diffusion membranes and calculate key parameters in the membrane separation process. They will be able to handle technical membrane processes using available boundary data and provide recommendations for the sequence of different treatment processes. Through their own experiments, students will be able to classify the separation efficiency, filtration characteristics and application of different membrane materials. Students will be able to characterise the formation of the fouling layer in different waters and apply technical measures to control this.</p> |                |                      |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                  | <p><i>Sozialkompetenz</i></p> <p>Students will be able to work in diverse teams on tasks in the field of membrane technology. They will be able to make decisions within their group on laboratory experiments to be undertaken jointly and present these to others.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i></p> <p>Students will be in a position to solve homework on the topic of membrane technology independently. They will be capable of finding creative solutions to technical questions.</p>   |                |                      |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>              | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56  |                |                      |
| <b>Leistungspunkte</b>                        | 6  |                |                      |
| <b>Studienleistung</b>                        | Keine  |                |                      |
| <b>Prüfung</b>                                | Klausur  |                |                      |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>              | 90 min   |                |                      |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>       | Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Energie- und Umwelttechnik: Vertiefung Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Environmental Engineering: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Joint European Master in Environmental Studies - Cities and Sustainability: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht  |                |                      |

| <b>Lehrveranstaltung L0399: Membrane Technology</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                    | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>                                     | Prof. Mathias Ernst  |
| <b>Sprachen</b>                                     | EN   |
| <b>Zeitraum</b>                                     | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>                                       | <p>The lecture on membrane technology supply provides students with a broad understanding of existing membrane treatment processes, encompassing pressure driven membrane processes, membrane application in electrodialysis, pervaporation as well as membrane distillation. The lectures main focus is the industrial production of drinking water like particle separation or desalination; however gas separation processes as well as specific wastewater oriented applications such as membrane bioreactor systems will be discussed as well.</p> <p>Initially, basics in low pressure and high pressure membrane applications are presented (microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration, reverse osmosis). Students learn about essential water quality parameter, transport equations and key parameter for pore membrane as well as solution diffusion membrane systems. The lecture sets a specific focus on fouling and scaling issues and provides knowledge on methods how to tackle with these phenomena in real water treatment application. A further part of the lecture deals with the character and manufacturing of different membrane materials and the characterization of membrane material by simple methods and advanced analysis.</p> <p>The functions, advantages and drawbacks of different membrane housings and modules are explained. Students learn how an industrial membrane application is designed in the succession of treatment steps like pre-treatment, water conditioning, membrane integration and post-treatment of water. Besides theory, the students will be provided with knowledge on membrane demo-site examples and insights in industrial practice.</p> |
| <b>Literatur</b>                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• T. Melin, R. Rautenbach: Membranverfahren: Grundlagen der Modul- und Anlagenauslegung (2., erweiterte Auflage), Springer-Verlag, Berlin 2004.</li> <li>• Marcel Mulder, Basic Principles of Membrane Technology, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands</li> <li>• Richard W. Baker, Membrane Technology and Applications, Second Edition, John Wiley &amp; Sons, Ltd., 2004</li> </ul>   |

| <b>Lehrveranstaltung L0400: Membrane Technology</b> |                                    |
|---|------------------------------------|
| <b>Typ</b>  | Gruppenübung                       |
| <b>SWS</b>  | 1                                  |
| <b>LP</b>   | 2                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                    | Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14 |
| <b>Dozenten</b>                                     | Prof. Mathias Ernst                |
| <b>Sprachen</b>                                     | EN                                 |
| <b>Zeitraum</b>                                     | WiSe                               |
| <b>Inhalt</b>                                       | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>                                    | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

| <b>Lehrveranstaltung L0401: Membrane Technology</b> |                                    |
|---|------------------------------------|
| <b>Typ</b>  | Laborpraktikum                     |
| <b>SWS</b>  | 1                                  |
| <b>LP</b>   | 1                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                    | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| <b>Dozenten</b>                                     | Prof. Mathias Ernst                |
| <b>Sprachen</b>                                     | EN                                 |
| <b>Zeitraum</b>                                     | WiSe                               |
| <b>Inhalt</b>                                       | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>                                    | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

| Modul M0902: Abwasserreinigung und Luftreinhaltung |  |            |                      |
|--|--|------------|----------------------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                         |  |            |                      |
| <b>Titel</b>                                       |  | <b>Typ</b> | <b>SWS</b> <b>LP</b> |
| Biologische Abwasserreinigung (L0517)              |  | Vorlesung  | 2        3           |
| Technologie der Luftreinhaltung (L0203)            |  | Vorlesung  | 2        3           |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                       | Dr. Swantje Pietsch  |            |                      |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                   | Keine  |            |                      |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                    | Grundlagen der Biologie und Chemie<br>Grundlagen der Feststoffverfahrenstechnik und der Trenntechnik   |            |                      |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>      | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |            |                      |
| <b>Fachkompetenz</b>                               | Die Studierenden sind nach erfolgreichem Abschluss des Moduls in der Lage,   |            |                      |
| <i>Wissen</i>                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• biologische Verfahren der Abwasserbehandlung zu benennen und zu erklären,</li> <li>• Abwasser und Schlamm zu charakterisieren,</li> <li>• gesetzliche Vorgaben im Bereich der Emission und Immission zu erläutern</li> <li>• Verfahren zur Abgasreinigung zu klassieren und deren Einsatzbereich zu benennen</li> </ul>   |            |                      |
| <i>Fertigkeiten</i>                                | Studenten sind in der Lage <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prozessschritte zur Abwasserbehandlung auszuwählen und auszulegen,</li> <li>• Anlagen zur Behandlung in Abhängigkeit der Schadkomponenten zusammenzustellen und auszulegen</li> </ul>  |            |                      |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                       | <i>Sozialkompetenz</i>   |            |                      |
|  | <i>Selbstständigkeit</i>   |            |                      |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                   | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56  |            |                      |
| <b>Leistungspunkte</b>                             | 6  |            |                      |
| <b>Studienleistung</b>                             | Keine  |            |                      |
| <b>Prüfung</b>                                     | Klausur  |            |                      |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                   | 90 min   |            |                      |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>            | Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Energie- und Umwelttechnik: Vertiefung Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Environmental Engineering: Vertiefung Abfall und Energie: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Joint European Master in Environmental Studies - Cities and Sustainability: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Pflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Pflicht |            |                      |

| Lehrveranstaltung L0517: Biologische Abwasserreinigung |                                    |
|--|------------------------------------|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung                          |
| <b>SWS</b>   | 2                                  |
| <b>LP</b>  | 3                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                       | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28 |
| <b>Dozenten</b>  | Dr. Joachim Behrendt               |

|                  |  |
|------------------|--|
| <b>Sprachen</b>  | DE/EN  |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>    | <p>Charakterisierung von Abwasser<br/>                 Stoffwechselformen von Mikroorganismen<br/>                 Kinetik biologischer Stoffumwandlung<br/>                 Berechnung von Bioreaktoren zur Abwasserreinigung<br/>                 Konzepte in der biologischen Abwasserreinigung<br/>                 Design WWTP<br/>                 Exkursion zur Kläranlage Seevetal Klüsing<br/>                 Biofilme<br/>                 Biofilmreaktoren<br/>                 Anaerobe Verfahren<br/>                 Ressourcen orientierte Sanitärtechnik<br/>                 Zukünftige Herausforderungen in der Abwasserforschung</p>   |
| <b>Literatur</b> | <p><b>Gujer, Willi</b><br/>                 Siedlungswasserwirtschaft : mit 84 Tabellen<br/>                 ISBN: 3540343296 (Gb.) URL: <a href="http://www.gbv.de/dms/bs/toc/516261924.pdf">http://www.gbv.de/dms/bs/toc/516261924.pdf</a> URL:<br/> <a href="http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=2842122&amp;prov=M&amp;dok_var=1&amp;dok_ext=htm">http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=2842122&amp;prov=M&amp;dok_var=1&amp;dok_ext=htm</a><br/>                 Berlin [u.a.] : Springer, 2007<br/>                 TUB_HH_Katalog</p> <p><b>Henze, Mogens</b><br/>                 Wastewater treatment : biological and chemical processes<br/>                 ISBN: 3540422285 (Pp.)<br/>                 Berlin [u.a.] : Springer, 2002<br/>                 TUB_HH_Katalog</p> <p><b>Imhoff, Karl</b> (Imhoff, Klaus R.;)<br/>                 Taschenbuch der Stadtentwässerung : mit 10 Tafeln<br/>                 ISBN: 3486263331 ((Gb.))<br/>                 München [u.a.] : Oldenbourg, 1999<br/>                 TUB_HH_Katalog</p> <p><b>Lange, Jörg</b> (Otterpohl, Ralf; Steger-Hartmann, Thomas;)<br/>                 Abwasser : Handbuch zu einer zukunftsfähigen Wasserwirtschaft<br/>                 ISBN: 3980350215 (kart.) URL:<br/> <a href="http://www.gbv.de/du/services/agi/52567E5D44DA0809C12570220050BF25/000000700334">http://www.gbv.de/du/services/agi/52567E5D44DA0809C12570220050BF25/000000700334</a><br/>                 Donaueschingen-Pförehn : Mall-Beton-Verl., 2000<br/>                 TUB_HH_Katalog</p> <p><b>Mudrack, Klaus</b> (Kunst, Sabine;)<br/>                 Biologie der Abwasserreinigung : 18 Tabellen<br/>                 ISBN: 382741427X URL:<br/> <a href="http://www.gbv.de/du/services/agi/94B581161B6EC747C1256E3F005A8143/420000114903">http://www.gbv.de/du/services/agi/94B581161B6EC747C1256E3F005A8143/420000114903</a><br/>                 Heidelberg [u.a.] : Spektrum, Akad. Verl., 2003<br/>                 TUB_HH_Katalog</p> <p><b>Tchobanoglous, George</b> (Metcalf &amp; Eddy, Inc., ;)<br/>                 Wastewater engineering : treatment and reuse<br/>                 ISBN: 0070418780 (alk. paper) ISBN: 0071122508 (ISE (*pbk))<br/>                 Boston [u.a.] : McGraw-Hill, 2003<br/>                 TUB_HH_Katalog</p> <p><b>Henze, Mogens</b><br/>                 Activated sludge models ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3<br/>                 ISBN: 1900222248<br/>                 London : IWA Publ., 2002<br/>                 TUB_HH_Katalog</p> <p><b>Kunz, Peter</b><br/>                 Umwelt-Bioverfahrenstechnik<br/>                 Vieweg, 1992</p> <p><b>Bauhaus-Universität., Arbeitsgruppe Weiterbildendes Studium Wasser und Umwelt</b><br/>                 (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, ;)<br/>                 Abwasserbehandlung : Gewässerbelastung, Bemessungsgrundlagen, Mechanische Verfahren,<br/>                 Biologische Verfahren, Reststoffe aus der Abwasserbehandlung, Kleinkläranlagen<br/>                 ISBN: 3860682725 URL: <a href="http://www.gbv.de/dms/weimar/toc/513989765_toc.pdf">http://www.gbv.de/dms/weimar/toc/513989765_toc.pdf</a> URL:<br/> <a href="http://www.gbv.de/dms/weimar/abs/513989765_abs.pdf">http://www.gbv.de/dms/weimar/abs/513989765_abs.pdf</a><br/>                 Weimar : Universitätsverl, 2006<br/>                 TUB_HH_Katalog</p> <p><b>Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall</b><br/>                 DWA-Regelwerk<br/>                 Hennef : DWA, 2004<br/>                 TUB_HH_Katalog</p> <p><b>Wiesmann, Udo</b> (Choi, In Su; Dombrowski, Eva-Maria;)<br/>                 Fundamentals of biological wastewater treatment<br/>                 ISBN: 3527312196 (Gb.) URL: <a href="http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?">http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?</a></p> |

|  |   |
|--|---|
|  | id=2774611&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm<br>Weinheim : WILEY-VCH, 2007<br>TUB_HH_Katalog |
|--|---|

| <b>Lehrveranstaltung L0203: Air Pollution Abatement</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                        | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>   | Dr. Swantje Pietsch  |
| <b>Sprachen</b>   | EN   |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>   | In the lecture methods for the reduction of emissions from industrial plants are treated. At the beginning a short survey of the different forms of air pollutants is given. In the second part physical principals for the removal of particulate and gaseous pollutants form flue gases are treated. Industrial applications of these principles are demonstrated with examples showing the removal of specific compounds, e.g. sulfur or mercury from flue gases of incinerators. |
| <b>Literatur</b>  | Handbook of air pollution prevention and control, Nicholas P. Cheremisinoff. - Amsterdam [u.a.] : Butterworth-Heinemann, 2002<br>Atmospheric pollution : history, science, and regulation, Mark Zachary Jacobson. - Cambridge [u.a.] : Cambridge Univ. Press, 2002<br>Air pollution control technology handbook, Karl B. Schnelle. - Boca Raton [u.a.] : CRC Press, c 2002<br>Air pollution, Jeremy Colls. - 2. ed. - London [u.a.] : Spon, 2002                                     |

## Modul M0949: Rural Development and Resources Oriented Sanitation for different Climate Zones

| <b>Lehrveranstaltungen</b>   |   |            |           |
|--|---|------------|-----------|
| <b>Titel</b>   | <b>Typ</b>  | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
| Ländliche Entwicklung und Ressourcen Orientierte Sanitärsysteme für verschiedene Klimate (L0942) | Seminar   | 2          | 3         |
| Ländliche Entwicklung und Ressourcen Orientierte Sanitärsysteme für verschiedene Klimate (L0941) | Vorlesung   | 2          | 3         |
| <b>Modulverantwortlicher</b>   | Prof. Ralf Otterpohl  |            |           |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>   | None  |            |           |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>  | Basic knowledge of the global situation with rising poverty, soil degradation, lack of water resources and sanitation   |            |           |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>  | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht   |            |           |
| <b>Fachkompetenz</b>   | Students can describe resources oriented wastewater systems mainly based on source control in detail. They can comment on techniques designed for reuse of water, nutrients and soil conditioners.  |            |           |
| <i>Wissen</i>  | Students are able to discuss a wide range of proven approaches in Rural Development from and for many regions of the world.   |            |           |
| <i>Fertigkeiten</i>  | Students are able to design low-tech/low-cost sanitation, rural water supply, rainwater harvesting systems, measures for the rehabilitation of top soil quality combined with food and water security. Students can consult on the basics of soil building through "Holistic Planned Grazing" as developed by Allan Savory.   |            |           |
| <b>Personale Kompetenzen</b>   |   |            |           |
| <i>Sozialkompetenz</i>   | The students are able to develop a specific topic in a team and to work out milestones according to a given plan.   |            |           |
| <i>Selbstständigkeit</i>   | Students are in a position to work on a subject and to organize their work flow independently. They can also present on this subject.   |            |           |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56   |            |           |
| <b>Leistungspunkte</b>   | 6   |            |           |
| <b>Studienleistung</b>   | Keine   |            |           |
| <b>Prüfung</b>   | Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit   |            |           |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>   | Semesterbegleitend werden Meilensteine erarbeitet, vorgetragen und schriftlich festgehalten. Genauerer zum jeweiligen Semesterbeginn.   |            |           |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>  | Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Energie- und Umwelttechnik: Vertiefung Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Environmental Engineering: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Joint European Master in Environmental Studies - Cities and Sustainability: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht |            |           |

| <b>Lehrveranstaltung L0942: Rural Development and Resources Oriented Sanitation for different Climate Zones</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Seminar   |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Ralf Otterpohl  |
| <b>Sprachen</b>   | EN  |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Central part of this module is a group work on a subtopic of the lectures. The focus of these projects will be based on an interview with a target audience, practitioners or scientists.</li> <li>• The group work is divided into several Milestones and Assignments. The outcome will be presented in a final presentation at the end of the semester.</li> </ul>   |
| <b>Literatur</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• J. Lange, R. Otterpohl 2000: Abwasser - Handbuch zu einer zukunftsfähigen Abwasserwirtschaft. Mallbeton Verlag (TUHH Bibliothek)</li> <li>• Winblad, Uno and Simpson-Hébert, Mayling 2004: Ecological Sanitation, EcoSanRes, Sweden (free download)</li> <li>• Schober, Sabine: WTO/TUHH Award winning Terra Preta Toilet Design: <a href="http://youtu.be/w_R09cYq6ys">http://youtu.be/w_R09cYq6ys</a></li> </ul> |

| <b>Lehrveranstaltung L0941: Rural Development and Resources Oriented Sanitation for different Climate Zones</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Ralf Otterpohl   |
| <b>Sprachen</b>   | EN   |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Living Soil - THE key element of Rural Development</li> <li>• Participatory Approaches</li> <li>• Rainwater Harvesting</li> <li>• Ecological Sanitation Principles and practical examples</li> <li>• Permaculture Principles of Rural Development</li> <li>• Performance and Resilience of Organic Small Farms</li> <li>• Going Further: The TUHH Toolbox for Rural Development</li> <li>• EMAS Technologies, Low cost drinking water supply</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Miracle Water Village, India, Integrated Rainwater Harvesting, Water Efficiency, Reforestation and Sanitation: <a href="http://youtu.be/9hmkgn0nBgk">http://youtu.be/9hmkgn0nBgk</a></li> <li>• Montgomery, David R. 2007: Dirt: The Erosion of Civilizations, University of California Press</li> </ul>  |

| Modul M0952: Industrielle Bioprozesstechnik                                       |  |   |                      |
|---|--|---|----------------------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>  |  |   |                      |
| <b>Titel</b>  |  | <b>Typ</b>                                    | <b>SWS</b> <b>LP</b> |
| Bioverfahrenstechnische Produktionsprozesse (L1065)                               |  | Projekt-/problembasierte<br>Lehrveranstaltung | 2              3     |
| Entwicklung Bioverfahrenstechnischer Prozesse in der industriellen Praxis (L1172) |  | Seminar                                       | 2              3     |
| <b>Modulverantwortlicher</b>  | Prof. An-Ping Zeng   |   |                      |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>  | Keine  |   |                      |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>   | Kenntnisse der Bioverfahrenstechnik oder Verfahrenstechnik auf Bachelorniveau  |   |                      |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>                                     | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |   |                      |
| <b>Fachkompetenz</b>  | Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls  |   |                      |
| <i>Wissen</i>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die Studierenden den aktuellen Stand der Forschung zum jeweils diskutierten Themengebiet wiedergeben</li> <li>• können die Studierenden die grundlegenden Prinzipien des jeweils bearbeiteten biotechnologischen Produktionsprozesse benennen</li> </ul>   |   |                      |
| <i>Fertigkeiten</i>   | Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, <ul style="list-style-type: none"> <li>• aktuelle Forschungsansätze zu analysieren und zu bewerten</li> <li>• biotechnologische Produktionsprozesse grundsätzlich auszulegen</li> </ul>   |   |                      |
| <b>Personale Kompetenzen</b>  | Die Studierenden sind in der Lage, gemeinsam im Team mit mehreren Studierenden vorgegebene Aufgaben zu lösen und ihre Arbeitsergebnisse im Plenum zu diskutieren und zu verteidigen.   |   |                      |
| <i>Sozialkompetenz</i>  |  |   |                      |
| <i>Selbstständigkeit</i>  | Nach Abschluss des Moduls sind die Teilnehmer in der Lage, sich eigenständig in Teams von etwa 8-12 Personen zu organisieren, um die Lösung für ein komplexes technisches Problem selbstständig zu erarbeiten und zu präsentieren.   |   |                      |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56  |   |                      |
| <b>Leistungspunkte</b>  | 6  |   |                      |
| <b>Studienleistung</b>  | Keine  |   |                      |
| <b>Prüfung</b>  | Referat  |   |                      |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>  | Vortrag + Diskussion (45 min) + Schriftliche Ausarbeitung (10 Seiten),   |   |                      |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>   | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie und Bioprozesstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht |   |                      |

| Lehrveranstaltung L1065: Bioverfahrenstechnische Produktionsprozesse |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung   |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                     | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>  | Dr. Willfried Blümke   |
| <b>Sprachen</b>  | DE/EN  |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>  | <p>In dieser Lehrveranstaltung wird ein Überblick über die wichtigsten biotechnologischen Produktionsprozesse gegeben. Neben den einzelnen Verfahren und deren spezifischen Anforderungen werden auch übergreifende Aspekte der industriellen Realität adressiert wie z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asset Lifecycle</li> <li>• Digitalisierung in der Bioprozess-Industrie</li> <li>• Grundprinzipien der industriellen Bioverfahrensentwicklung</li> <li>• Nachhaltigkeits-Aspekte bei der Entwicklung bioverfahrenstechnischer Prozesse</li> </ul>   |
| <b>Literatur</b>   | <p>Chmiel H (ed). Bioprozesstechnik, Springer 2011, ISBN: 978-3-8274-2476-1</p> <p>Bailey, James and David F. Ollis: Biochemical Engineering Fundamentals. -2nd ed.; New York: McGraw Hill, 1986.</p> <p>Becker, Th. et al. (2008) Biotechnology. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract">http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract</a></p> <p>Doran, Pauline M.: Bioprocess Engineering Principles, Academic Press, 2003</p> <p>Hass, V. und R. Pörtner: Praxis der Bioprozesstechnik. Spektrum Akademischer Verlag (2011), 2. Auflage</p> <p>Krahe M (2003) Biochemical Engineering. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html">http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html</a></p> <p>Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts</p> |

| <b>Lehrveranstaltung L1172: Development of bioprocess engineering processes in industrial practice</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Seminar  |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>  | Dr. Stephan Freyer   |
| <b>Sprachen</b>  | EN   |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>  | This course gives an insight into the methodology used in the development of industrial biotechnology processes. Important aspects of this are, for example, the development of the fermentation and the work-up steps for the respective target molecule, the integration of the partial steps into an overall process, and the cost-effectiveness of the process.  |
| <b>Literatur</b>   | <p>Chmiel H (ed). Bioprozesstechnik, Springer 2011, ISBN: 978-3-8274-2476-1 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen]</p> <p>Bailey, James and David F. Ollis: Biochemical Engineering Fundamentals. -2nd ed.; New York: McGraw Hill, 1986.</p> <p>Becker, Th. et al. (2008) Biotechnology. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract">http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract</a></p> <p>Doran, Pauline M.: Bioprocess Engineering Principles, Academic Press, 2003</p> <p>Hass, V. und R. Pörtner: Praxis der Bioprozesstechnik. Spektrum Akademischer Verlag (2011), 2. Auflage</p> <p>Krahe M (2003) Biochemical Engineering. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html">http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html</a></p> <p>Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts</p> |

| Modul M0973: Biocatalysis                     |  |            |                      |
|---|--|------------|----------------------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                    |  |            |                      |
| <b>Titel</b>                                  |  | <b>Typ</b> | <b>SWS</b> <b>LP</b> |
| Biokatalyse und Enzymtechnologie (L1158)      |  | Vorlesung  | 2            3       |
| Technische Biokatalyse (L1157)                |  | Vorlesung  | 2            3       |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                  | Prof. Andreas Liese  |            |                      |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>              | None   |            |                      |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>               | Knowledge of bioprocess engineering and process engineering at bachelor level  |            |                      |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |            |                      |
| <b>Fachkompetenz</b>                          | <p>After successful completion of this course, students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• reflect a broad knowledge about enzymes and their applications in academia and industry</li> <li>• have an overview of relevant biotransformations und name the general definitions</li> </ul>  |            |                      |
| <i>Wissen</i>                                 |  |            |                      |
| <b>Fertigkeiten</b>                           | <p>After successful completion of this course, students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• understand the fundamentals of biocatalysis and enzyme processes and transfer this to new tasks</li> <li>• know the several enzyme reactors and the important parameters of enzyme processes</li> <li>• use their gained knowledge about the realisation of processes. Transfer this to new tasks</li> <li>• analyse and discuss special tasks of processes in plenum and give solutions</li> <li>• communicate and discuss in English</li> </ul> |            |                      |
| <i>Fertigkeiten</i>                           |  |            |                      |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                  | <p>After completion of this module, participants will be able to debate technical and biocatalytical questions in small teams to enhance the ability to take position to their own opinions and increase their capacity for teamwork.</p>  |            |                      |
| <i>Sozialkompetenz</i>                        |  |            |                      |
| <b>Selbstständigkeit</b>                      | <p>After completion of this module, participants will be able to solve a technical problem independently including a presentation of the results.</p>  |            |                      |
| <i>Selbstständigkeit</i>                      |  |            |                      |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>              | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56  |            |                      |
| <b>Leistungspunkte</b>                        | 6  |            |                      |
| <b>Studienleistung</b>                        | Keine  |            |                      |
| <b>Prüfung</b>                                | Klausur  |            |                      |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>              | 90 min   |            |                      |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>       | Bioverfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Kernqualifikation: Pflicht<br>Environmental Engineering: Vertiefung Biotechnologie: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht  |            |                      |

| <b>Lehrveranstaltung L1158: Biocatalysis and Enzyme Technology</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>   | 2   |
| <b>LP</b>  | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                   | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Andreas Liese   |
| <b>Sprachen</b>  | EN  |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introduction: Impact and potential of enzyme-catalysed processes in biotechnology.</li> <li>2. History of microbial and enzymatic biotransformations.</li> <li>3. Chirality - definition &amp; measurement</li> <li>4. Basic biochemical reactions, structure and function of enzymes.</li> <li>5. Biocatalytic retrosynthesis of asymmetric molecules</li> <li>6. Enzyme kinetics: mechanisms, calculations, multisubstrate reactions.</li> <li>7. Reactors for biotransformations.</li> </ol> |
| <b>Literatur</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• K. Faber: Biotransformations in Organic Chemistry, Springer, 5th Ed., 2004</li> <li>• A. Liese, K. Seelbach, C. Wandrey: Industrial Biotransformations, Wiley-VCH, 2006</li> <li>• R. B. Silverman: The Organic Chemistry of Enzyme-Catalysed Reactions, Academic Press, 2000</li> <li>• K. Buchholz, V. Kasche, U. Bornscheuer: Biocatalysts and Enzyme Technology. VCH, 2005.</li> <li>• R. D. Schmidt: Pocket Guide to Biotechnology and Genetic Engineering, Wiley-VCH, 2003</li> </ul>      |

| <b>Lehrveranstaltung L1157: Technical Biocatalysis</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>   | 2   |
| <b>LP</b>  | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                       | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Andreas Liese   |
| <b>Sprachen</b>  | EN  |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introduction</li> <li>2. Production and Down Stream Processing of Biocatalysts</li> <li>3. Analytics (offline/online)</li> <li>4. Reaction Engineering &amp; Process Control                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definitions</li> <li>• Reactors</li> <li>• Membrane Processes</li> <li>• Immobilization</li> </ul> </li> <li>5. Process Optimization                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Simplex / DOE / GA</li> </ul> </li> <li>6. Examples of Industrial Processes                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• food / feed</li> <li>• fine chemicals</li> </ul> </li> <li>7. Non-Aqueous Solvents as Reaction Media                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• ionic liquids</li> <li>• scCO<sub>2</sub></li> <li>• solvent free</li> </ul> </li> </ol> |
| <b>Literatur</b>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• A. Liese, K. Seelbach, C. Wandrey: Industrial Biotransformations, Wiley-VCH, 2006</li> <li>• H. Chmiel: Bioprozeßtechnik, Elsevier, 2005</li> <li>• K. Buchholz, V. Kasche, U. Bornscheuer: Biocatalysts and Enzyme Technology, VCH, 2005</li> <li>• R. D. Schmidt: Pocket Guide to Biotechnology and Genetic Engineering, Woley-VCH, 2003</li> </ul>  |

| Modul M1017: Lebensmittelverfahrenstechnik    |  |                |                                |                     |
|---|--|----------------|--------------------------------|---------------------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                    |  |                |                                |                     |
| <b>Titel</b>                                  |  | <b>Typ</b>     | <b>SWS</b>                     | <b>LP</b>           |
| Lebensmittelverfahrenstechnik (L1216)         |  | Vorlesung      | 2                              | 3                   |
| Praxiskurs: Brautechnologie (L1242)           |  | Laborpraktikum | 2                              | 3                   |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                  | Prof. Stefan Heinrich  |                |                                |                     |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>              | Keine  |                |                                |                     |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundkenntnisse auf dem gebiet der Partikeltechnologie</li> <li>• Trennverfahren; Wärme-und Stofftransport I</li> </ul>   |                |                                |                     |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |                |                                |                     |
| <b>Fachkompetenz</b>                          | Die Studierenden sind nach erfolgreichem Abschluss des Moduls in der Lage,   |                |                                |                     |
| <i>Wissen</i>                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• die stofflichen Eigenschaften der Lebensmittel zu erklären</li> <li>• grundlegende Produktionsprozesse für Lebensmittel zu erläutern</li> <li>• ausgewählte Herstellprozesse detailliert zu beschreiben.</li> </ul>   |                |                                |                     |
| <i>Fertigkeiten</i>                           | Studenten sind in der Lage <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prozessketten zur Lebensmittelproduktion zusammenzustellen und auszulegen</li> <li>• die Auswirkungen einzelner Prozessschritte auf die Lebensmitteleigenschaften zu beurteilen</li> </ul> |                |                                |                     |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                  |  |                |                                |                     |
| <i>Sozialkompetenz</i>                        | Studierende sind in der Lage technische Probleme in einem wissenschaftlichen Umfeld zu diskutieren.  |                |                                |                     |
| <i>Selbstständigkeit</i>                      | Studierende sind dazu in der Lage fachspezifisches Wissen selbstständig zu vertiefen und in wissenschaftlicher Weise zu diskutieren.   |                |                                |                     |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>              | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56  |                |                                |                     |
| <b>Leistungspunkte</b>                        | 6  |                |                                |                     |
| <b>Studienleistung</b>                        | <b>Verpflichtend</b>   | <b>Ordnung</b> | <b>Art der Studienleistung</b> | <b>Beschreibung</b> |
|   | Ja   | Keiner         | Schriftliche Ausarbeitung      | 10 - 15 Seiten      |
| <b>Prüfung</b>                                | Klausur  |                |                                |                     |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>              | 120 Minuten  |                |                                |                     |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>       | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht   |                |                                |                     |

| <b>Lehrveranstaltung L1216: Lebensmittelverfahrenstechnik</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                              | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Stefan Heinrich, Prof. Stefan Palzer  |
| <b>Sprachen</b>   | DE  |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>   | 1. Stoffliche Eigenschaften: Rheologie, Transportgrößen, Meßtechnik, Qualitätsaspekte<br>2. Prozesse bei Umgebungsbedingungen, bei erhöhten Temperaturen und Drücken<br>3. Energetische Bewertung<br>4. Ausgewählte Prozesse: Speiseölherstellung; Röstkaffee |
| <b>Literatur</b>  | M. Bockisch: Handbuch der Lebensmitteltechnologie , Stuttgart, 1993<br>R. Eggers: Vorlesungsmanuskript  |

| <b>Lehrveranstaltung L1242: Praxiskurs: Brautechnologie</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Laborpraktikum   |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                            | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Stefan Heinrich, Prof. Stefan Palzer   |
| <b>Sprachen</b>   | DE/EN  |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>   | Im Rahmen des Praxiskurses Brautechnologie werden zunächst nochmals die Grundlagen der enzymatischen und mikrobiologischen Fermentation von Lebensmittle wiederholt.<br><br>Im Verlauf des Kurses wird den Studenten die Herstellung von Bier als Beispiel für einen wichtigen Prozess der Lebensmittelherstellung erklärt. Dabei wird die Auswahl und Verarbeitung geeigneter Rohstoffe, die verschiedenen mechanischen und biotechnologischen Unit Operations, Aspekte des Abpacken/Abfüllen des Endproduktes und die abschliessende Sensorik/Qualitätskontrolle behandelt.<br><br>Sämtliche Arbeitsschritte werden von den Studenten im Pilotmasstab durchgeführt. Ziel ist es das der Student sich am Beispiel Bier eine holistische Sicht der Lebensmittelherstellung aneignet. |
| <b>Literatur</b>  | Ludwig Narziss: Abriss der Bierbrauerei, 7. Auflage, Wiley VCH   |

| Modul M0905: Forschungsprojekt Verfahrenstechnik   |   |     |    |
|--|---|-----|----|
| Lehrveranstaltungen                                |   |     |    |
| Titel  | Typ   | SWS | LP |
| Forschungsprojekt in der Verfahrenstechnik (L1051) | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung  | 6   | 6  |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                       | Dozenten des SD V   |     |    |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                   | Keine   |     |    |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                    | Fortgeschrittener Kenntnisstand im Master-Studium Verfahrenstechnik   |     |    |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>      | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht   |     |    |
| <b>Fachkompetenz</b>                               | <p>Die Studierenden kennen aktuelle Forschungsprojekte der Institute in der Vertiefungsrichtung. Sie können die grundlegenden wissenschaftlichen Methoden nennen, mit denen an diesen gearbeitet wird.</p> <p>Die Studierenden sind in der Lage, ein eigenständiges Teilprojekt in aktuell laufenden Forschungsprojekten der Institute in der Vertiefungsrichtung durchzuführen. Studierende können ihre Vorgehensweise zur Lösung einer Aufgabe begründen, aus den gewonnen Ergebnissen Schlussfolgerungen ziehen und wenn nötig neue Arbeitsmethoden finden. Studierende sind in der Lage, alternative Lösungskonzepte mit dem gewählten Ansatz bzgl. vorgegebener Kriterien zu vergleichen und zu beurteilen.</p> <p>Studierende sind in der Lage, mit Mitarbeitern der betreuenden Institute fachlich den Fortschritt der Arbeit zu diskutieren und ihre Endergebnisse adressatengerecht zu präsentieren.</p> <p>Studierende sind in der Lage, anhand der im bisherigen Studium erworbenen Kompetenzen sich selbstständig aus aktuellen Forschungsprojekten sinnvolle Aufgaben zu definieren, dazu notwendiges Wissen zu erschließen sowie geeignete Lösungsmethoden auszuwählen.</p> |     |    |
| <i>Wissen</i>                                      |   |     |    |
| <i>Fertigkeiten</i>                                |   |     |    |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                       |   |     |    |
| <i>Sozialkompetenz</i>                             |   |     |    |
| <i>Selbstständigkeit</i>                           |   |     |    |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                   | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84  |     |    |
| <b>Leistungspunkte</b>                             | 6   |     |    |
| <b>Studienleistung</b>                             | Keine   |     |    |
| <b>Prüfung</b>                                     | Studienarbeit   |     |    |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                   | laut ASPO   |     |    |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>            | Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht   |     |    |

| <b>Lehrveranstaltung L1051: Forschungsprojekt in der Verfahrenstechnik</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung  |
| <b>SWS</b>   | 6   |
| <b>LP</b>  | 6   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84  |
| <b>Dozenten</b>  | Dozenten des SD V   |
| <b>Sprachen</b>  | DE/EN   |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe/SoSe   |
| <b>Inhalt</b>  | <p>Bearbeitung aktueller Forschungsthemen der gewählten Vertiefungsrichtung.</p> <p>Forschungsprojekte können an den Instituten der Verfahrenstechnik, in der Industrie oder im Ausland durchgeführt werden. Es ist immer eine Hochschullehrerin oder ein Hochschullehrer des Studiendekanats Verfahrenstechnik als Betreuer erforderlich, der vor Beginn des Forschungsprojektes festgelegt werden muss.</p> |
| <b>Literatur</b>   | <p>Aktuelle Literatur zu Forschungsthemen aus der gewählten Vertiefungsrichtung.</p> <p>Current literature on research topics of the chosen specialization.</p>   |

| Modul M0658: Innovative Methoden der Numerischen Thermofluiddynamik                               |   |               |                                |
|---|---|---------------|--------------------------------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>  |   |               |                                |
| <b>Titel</b>  | <b>Typ</b>  | <b>SWS</b>    | <b>LP</b>                      |
| Anwendung innovativer Methoden der Numerischen Thermofluiddynamik in Forschung und Praxis (L0239) | Vorlesung   | 2             | 3                              |
| Anwendung innovativer Methoden der Numerischen Thermofluiddynamik in Forschung und Praxis (L1685) | Gruppenübung  | 2             | 3                              |
| <b>Modulverantwortlicher</b>  | Prof. Thomas Rung   |               |                                |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>  | Keine   |               |                                |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>   | Teilnahme an einer der Lehrveranstaltungen in Numerischer Thermofluiddynamik (CFD1/CFD2)<br>Gute Kenntnisse der numerischen Mathematik sowie der numerischen und allgemeinen Strömungsmechanik  |               |                                |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>   | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht   |               |                                |
| <b>Fachkompetenz</b>  | Studierende können aufgrund ihrer vertieften Kenntnisse der theoretischen Hintergründen unterschiedliche CFD-Methoden (z.B. Gitter-Boltzmann Verfahren, Partikelverfahren, Finite-Volumen-Verfahren) erläutern sowie einen Überblick über simulationsbasierter Optimierung geben.   |               |                                |
| <i>Wissen</i>   |   |               |                                |
| <b>Personale Kompetenzen</b>  | Studierende sind in der Lage, aufgrund ihres Problemverständnisses und ihrer Problemlösungskompetenz im Bereich praxisnaher CFD-Anwendungen eine angemessene Methodik zu wählen.  |               |                                |
| <i>Fertigkeiten</i>   |   |               |                                |
| <i>Sozialkompetenz</i>  | Studierende sind in der Lage, sich im Team zu organisieren, ihre Arbeitsergebnisse in Gruppenarbeit zu erstellen und zu dokumentieren sowie sich im Team zu organisieren.   |               |                                |
| <i>Selbstständigkeit</i>  | Hörer üben sich in der im selbständigen Projektorganisation und -Durchführung von simulationsbasierten Projektaufgaben.   |               |                                |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56   |               |                                |
| <b>Leistungspunkte</b>  | 6   |               |                                |
| <b>Studienleistung</b>  | <b>Verpflichtend</b>  | <b>Anteil</b> | <b>Art der Studienleistung</b> |
|   | Ja  | 20 %          | Schriftliche Ausarbeitung      |
| <b>Prüfung</b>  | Mündliche Prüfung   |               |                                |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>  | 30 min  |               |                                |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>   | Energietechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht<br>Schiffbau und Meerestechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht<br>Ship and Offshore Technology: Kernqualifikation: Wahlpflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Simulationstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht |               |                                |

| <b>Lehrveranstaltung L0239: Anwendung innovativer Methoden der Numerischen Thermofluiddynamik in Forschung und Praxis</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Thomas Rung   |
| <b>Sprachen</b>   | DE/EN   |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>   | Einsatz von CFD zur (Form-) Optimierung, Parallelerechnen auf Hochleistungscomputern, Effiziente CFD-Verfahren für Grafikkarten & Echtzeitsimulation, Alternative Approximationen (Lattice-Boltzmann Verfahren, Partikelsimulationen), Struktur-Strömungskopplung, Modellierung hybrider Kontinua |
| <b>Literatur</b>  | Vorlesungsmaterialien /lecture notes  |

| <b>Lehrveranstaltung L1685: Anwendung innovativer Methoden der Numerischen Thermofluiddynamik in Forschung und Praxis</b> |                                    |
|---|------------------------------------|
| <b>Typ</b>  | Gruppenübung                       |
| <b>SWS</b>  | 2                                  |
| <b>LP</b>   | 3                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28 |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Thomas Rung                  |
| <b>Sprachen</b>   | DE/EN                              |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe                               |
| <b>Inhalt</b>   | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

| Modul M1396: Hybride Prozesse in der Verfahrenstechnik |   |               |                                |
|--|---|---------------|--------------------------------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                             |   |               |                                |
| <b>Titel</b>   | <b>Typ</b>  | <b>SWS</b>    | <b>LP</b>                      |
| Hybride Prozesse in der Verfahrenstechnik (L1715)      | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung  | 2             | 4                              |
| Hybride Prozesse in der Verfahrenstechnik (L1978)      | Vorlesung   | 2             | 2                              |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                           | Prof. Mirko Skiborowski   |               |                                |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                       | Keine   |               |                                |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                        | Prozess- und Anlagentechnik 1<br>Prozess- und Anlagentechnik 2<br>Grundlagen der Verfahrenstechnik  |               |                                |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>          | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht   |               |                                |
| <b>Fachkompetenz</b>                                   | Studierende sind in der Lage hybride Prozesse zu erkennen und zu bewerten.  |               |                                |
| <i>Wissen</i>  |   |               |                                |
| <i>Fertigkeiten</i>                                    | Studierende sind in der Lage Prozesse hinsichtlich ihrer Eignung als hybride Prozesse zu bewerten und entsprechend auszulegen.  |               |                                |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                           |   |               |                                |
| <i>Sozialkompetenz</i>                                 | Studierende sind in der Lage die Grundlagen des Projektmanagements für Kleingruppen anzuwenden.   |               |                                |
| <i>Selbstständigkeit</i>                               | Studierende sind in der Lage sich selbständig Fachwissen zu hybriden Prozessen anzueignen und diese zu diskutieren.   |               |                                |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                       | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56   |               |                                |
| <b>Leistungspunkte</b>                                 | 6   |               |                                |
| <b>Studienleistung</b>                                 | <b>Verpflichtend</b>  | <b>Anteil</b> | <b>Art der Studienleistung</b> |
|  | Ja  | 15 %          | Midterm                        |
| <b>Prüfung</b>   | Schriftliche Ausarbeitung   |               |                                |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                       | Projektbericht inkl. PM-Dokumente   |               |                                |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>                | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht |               |                                |

| Lehrveranstaltung L1715: Hybride Prozesse in der Verfahrenstechnik |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 4  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                   | Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28         |
| <b>Dozenten</b>  | Dr. Thomas Waluga                          |
| <b>Sprachen</b>  | DE   |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe                                       |
| <b>Inhalt</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung          |
| <b>Literatur</b>   | Siehe korrespondierende Vorlesung          |

| <b>Lehrveranstaltung L1978: Hybride Prozesse in der Verfahrenstechnik</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>   | Dr. Thomas Waluga  |
| <b>Sprachen</b>   | DE   |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>   | Einführung in integrative und hybride Prozesse in der Verfahrenstechnik; Vor- und Nachteile, Prozessfenster, Unterscheidungskriterien; Prozessbeispiele aus den Bereichen Industrie und Forschung: Trennwandkolonnen, Reaktive Trennwandkolonnen, Reaktivadsorption und reaktionsunterstützte Adsorption, ISPR-Chromatographie und ISPR-Extraktion; Biotechnologische Hybride Verfahren.   |
| <b>Literatur</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- H. Schmidt-Traub; Integrated Reaction and Separation Operations: Modelling and Experimental Validation; Springer 2006</li> <li>- K. Sundmacher, A. Kienle, A. Seidel-Morgenstern; Integrated Chemical Processes: Synthesis, Operation, Analysis, and Control; Wiley-VCH 2005</li> <li>- Mexandre C. Dimian (Ed); Integrated Design and Simulation of Chemical Processes; in Computer Aided Chemical Engineering, Volume 13, Pages 1-698 (2003)</li> </ul> |

| Modul M0822: Modellierung von Prozessen in der Wassertechnologie |  |            |           |
|--|--|------------|-----------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                                       |  |            |           |
| <b>Titel</b>   | <b>Typ</b>   | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
| Modellierung der Prozesse der Abwasserbehandlung (L0522)         | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung   | 2          | 3         |
| Modellierung von Prozessen der Trinkwasseraufbereitung (L0314)   | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung   | 2          | 3         |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                                     | Dr. Klaus Johannsen  |            |           |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                                 | Keine  |            |           |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                                  | Verständnis der wichtigsten Prozesse in der Trinkwasseraufbereitung und der Abwasserbehandlung   |            |           |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>                    | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |            |           |
| <b>Fachkompetenz</b>   | <p><i>Wissen</i></p> <p>Die Studierenden können ausgewählte Prozesse der Trinkwasseraufbereitung und Abwasserbehandlung detailliert beschreiben. Sie können die Grundlagen sowie die Möglichkeiten und Grenzen der dynamischen Modellierung erklären.</p> <p><i>Fertigkeiten</i></p> <p>Studierende können die wichtigsten Funktionen der Programmiersprache Modelica anwenden. Sie können ausgewählte Prozesse der Trinkwasseraufbereitung und Abwasserbehandlung detailliert im Hinblick auf Gleichgewicht, Kinetik und Stoffbilanzen in ein mathematisches Modell umsetzen und in OpenModelica realisieren. Studierende können Modelle selbst erstellen, anwenden und die Möglichkeiten und Grenzen einschätzen.</p> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i></p> <p>Die Studierenden können in einer fachlich heterogenen Gruppe Problemstellungen lösen und diese dokumentieren. Sie können angemessen Feedback geben und mit Rückmeldungen zu ihren eigenen Leistungen konstruktiv umgehen.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i></p> <p>Die Studierenden sind in der Lage eigenständig ein Problem zu definieren, sich das erforderliche Wissen anzueignen und daraus ein Modell zu erstellen.</p> |            |           |
| <i>Wissen</i>  |  |            |           |
| <i>Fertigkeiten</i>  |  |            |           |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                                     |  |            |           |
| <i>Sozialkompetenz</i>   |  |            |           |
| <i>Selbstständigkeit</i>   |  |            |           |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                 | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56  |            |           |
| <b>Leistungspunkte</b>   | 6  |            |           |
| <b>Studienleistung</b>   | Keine  |            |           |
| <b>Prüfung</b>   | Klausur  |            |           |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                                 | 1,5 Stunden  |            |           |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>                          | Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht<br>Environmental Engineering: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Joint European Master in Environmental Studies - Cities and Sustainability: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht   |            |           |

| <b>Lehrveranstaltung L0522: Modellierung der Prozesse der Abwasserbehandlung</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung  |
| <b>SWS</b>   | 2   |
| <b>LP</b>  | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>  | Dr. Joachim Behrendt  |
| <b>Sprachen</b>  | DE/EN   |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>  | <p>Massen- und Energiebilanzen</p> <p>Tracer Modellierung</p> <p>Belebtschlammverfahren</p> <p>Kläranlage (kontinuierlich und als SBR)</p> <p>Schlammbehandlung (ADM, aerob autotherm)</p> <p>Biofilmmodellierung</p>   |
| <b>Literatur</b>   | <p><b>Henze, Mogens</b> (Seminar on Activated Sludge Modelling, ; Kollokollo Seminar on Activated Sludge Modelling, ;)<br/>                     Activated sludge modelling : processes in theory and practice ; selected proceedings of the 5th Kollokollo Seminar on Activated Sludge Modelling, held in Kollokollo, Denmark, 10 - 12 September 2001<br/>                     ISBN: 1843394146<br/>                     [London] : IWA Publ., 2002<br/>                     TUB_HH_Katalog</p> <p><b>Henze, Mogens</b><br/>                     Activated sludge models ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3<br/>                     ISBN: 1900222248<br/>                     London : IWA Publ., 2002<br/>                     TUB_HH_Katalog</p> <p><b>Henze, Mogens</b><br/>                     Wastewater treatment : biological and chemical processes<br/>                     ISBN: 3540422285 (Pp.)<br/>                     Berlin [u.a.] : Springer, 2002<br/>                     TUB_HH_Katalog</p> <p><b>Wiesmann, Udo</b> (Choi, In Su; Dombrowski, Eva-Maria;)<br/>                     Fundamentals of biological wastewater treatment<br/>                     ISBN: 3527312196 (Gb.) URL: <a href="http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?id=2774611&amp;prov=M&amp;dok_var=1&amp;dok_ext=htm">http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?id=2774611&amp;prov=M&amp;dok_var=1&amp;dok_ext=htm</a><br/>                     Weinheim : WILEY-VCH, 2007<br/>                     TUB_HH_Katalog</p> |

| Lehrveranstaltung L0314: Modellierung von Prozessen der Trinkwasseraufbereitung |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung  |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>   | Dr. Klaus Johannsen   |
| <b>Sprachen</b>   | DE/EN   |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>   | <p>In dieser Veranstaltung werden ausgewählte Prozesse der Trinkwasseraufbereitung mit der Programmiersprache Modelica dynamisch modelliert. Beispiele hierfür sind Belüftung oder Aktivkohleadsorption. Zur Anwendung kommt OpenModelica, ein freizugängliches Frontend der Programmiersprache Modelica, das zunehmend in der Industrie und in der Forschung angewandt wird.</p> <p>Zu Beginn der Veranstaltung erfolgt an einfachen Beispielen eine Einführung in die Bedienung und Anwendung von OpenModelica. Gemeinsam werden die einzelnen erforderlichen Bestandteile und die Struktur der Modelle erarbeitet. Die Umsetzung in OpenModelica und die Anwendung erfolgt dann selbständig in Gruppenarbeit bzw. in Einzelarbeit. Für die Modelle erhalten die Studierenden ein Feedback und können Bonuspunkte für die Klausur erwerben.</p>   |
| <b>Literatur</b>  | <p><b>OpenModelica:</b> <a href="https://openmodelica.org/index.php/download/download-windows">https://openmodelica.org/index.php/download/download-windows</a></p> <p><b>OpenModelica</b> - <b>Modelica</b> <b>Tutorial:</b><br/> <a href="https://openmodelica.org/index.php/useresresources/userdocumentation">https://openmodelica.org/index.php/useresresources/userdocumentation</a></p> <p><b>OpenModelica</b> - <b>Users</b> <b>Guide:</b><br/> <a href="https://openmodelica.org/index.php/useresresources/userdocumentation">https://openmodelica.org/index.php/useresresources/userdocumentation</a></p> <p><b>Peter Fritzson:</b> Principles of Object-Oriented Modeling and Simulation with Modelica 2.1, Wiley-IEEE Press, ISBN 0-471-471631.</p> <p><b>MHW (rev. by Crittenden, J. et al.):</b> Water treatment principles and design. John Wiley &amp; Sons, Hoboken, 2005.</p> <p><b>Stumm, W., Morgan, J.J.:</b> Aquatic chemistry. John Wiley &amp; Sons, New York, 1996.</p> <p><b>DVGW (Hrsg.):</b> Wasseraufbereitung - Grundlagen und Verfahren. Oldenbourg Industrie Verlag, München, 2004.</p> |

| Modul M0742: Thermische Energiesysteme        |   |              |            |           |
|---|---|--------------|------------|-----------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                    |   |              |            |           |
| <b>Titel</b>                                  |   | <b>Typ</b>   | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
| Thermische Energiesysteme (L0023)             |   | Vorlesung    | 3          | 5         |
| Thermische Energiesysteme (L0024)             |   | Hörsaalübung | 1          | 1         |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                  | Prof. Gerhard Schmitz   |              |            |           |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>              | Keine   |              |            |           |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>               | Technische Thermodynamik I, II, Strömungsmechanik, Wärmeübertragung   |              |            |           |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht   |              |            |           |
| <b>Fachkompetenz</b>                          | Studierende kennen die verschiedenen Energiewandlungsstufen und den Unterschied zwischen einem Wirkungsgrad und einem Nutzungsgrad. Sie verfügen über vertiefte Grundkenntnisse in der Wärme- und Stoffübertragung, insbesondere hinsichtlich der Anwendung im Gebäude- und Fahrzeugbau. Sie sind mit dem Aufbau und dem Inhalt der Energiesparverordnung und weiterer Technischer Regeln vertraut. Sie wissen verschiedene Beheizsysteme in den Bereichen Haushalt und Kleinverbraucher, Gewerbe und Industrie zu unterscheiden und wie ein Beheizungssystem geregelt wird. Sie können für einen Feuerraum ein Modell mit den entsprechenden Wärmeströmen aufstellen und damit zeitliche Temperaturverläufe ermitteln. Sie beherrschen die Grundlagen der Schadstoffbildung bei Brennern von Kleinfeuerungen und wissen, wie Abgase gefahrlos abgeführt werden. Darüber hinaus sind sie mit objektorientierten Modellierungsarten von thermodynamischen Systemen vertraut. |              |            |           |
| <i>Wissen</i>                                 |   |              |            |           |
| <b>Fertigkeiten</b>                           | Studierende sind in der Lage, den Wärmebedarf für unterschiedliche Beheizungsaufgaben zu ermitteln und die entsprechenden Komponenten eines Heizungssystems auszulegen. Sie können eine Rohrnetzberechnung durchführen und sind befähigt, einfache Planungsaufgaben unter Einbeziehung von Solarenergie selbstständig durchzuführen. Sie schreiben zur Lösung dynamischer Probleme selbst einfache Modelica-Programme und sind in der Lage, aktuelle Forschungsergebnisse in die Praxis zu übertragen bzw. wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiet der Wärmetechnik selbstständig durchzuführen.  |              |            |           |
| <i>Fertigkeiten</i>                           |   |              |            |           |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                  | Die Studierenden können in Kleingruppen diskutieren und einen Lösungsweg erarbeiten.  |              |            |           |
| <i>Sozialkompetenz</i>                        |   |              |            |           |
| <b>Selbstständigkeit</b>                      | Studierende sind in der Lage, eigenständig Aufgaben zu definieren, hierfür notwendiges Wissen aufbauend auf dem vermittelten Wissen selbst zu erarbeiten sowie geeignete Mittel zur Umsetzung einzusetzen.  |              |            |           |
| <i>Selbstständigkeit</i>                      |   |              |            |           |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>              | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56   |              |            |           |
| <b>Leistungspunkte</b>                        | 6   |              |            |           |
| <b>Studienleistung</b>                        | Keine   |              |            |           |
| <b>Prüfung</b>                                | Klausur   |              |            |           |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>              | 60 min  |              |            |           |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>       | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Energie- und Umwelttechnik: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht<br>Energietechnik: Vertiefung Energiesysteme: Pflicht<br>Energietechnik: Vertiefung Schiffsmaschinenbau: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Kernqualifikation: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Kernqualifikation: Pflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht   |              |            |           |

| <b>Lehrveranstaltung L0023: Thermische Energiesysteme</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>  | 3   |
| <b>LP</b>   | 5   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                          | Eigenstudium 108, Präsenzstudium 42   |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Gerhard Schmitz   |
| <b>Sprachen</b>   | DE  |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>   | 1. Einleitung<br>2. Grundlagen der Wärmetechnik 2.1 Wärmeleitung 2.2 Konvektiver Wärmeübergang 2.3 Wärmestrahlung 2.4 Wärmedurchgang 2.5 Verbrennungstechnische Kennzahlen 2.6 Elektrische Erwärmung 2.7 Wasserdampfdiffusion<br>3. Heizungssysteme 3.1 Warmwasserheizungen 3.2 Anlagen zur Warmwasserbereitung 3.3 Rohrnetzberechnung 3.4 Wärmerezeuger 3.5 Warmluftheizungen 3.6 Strahlungsheizungen<br>4 .Wärme- und Wärmebehandlungssysteme 4.1 Industrieöfen 4.2 Schmelzanlagen 4.3 Trocknungsanlagen 4.4 Schadstoffemissionen 4.5 Schornsteinberechnungsverfahren 4.6 Energiemesssysteme<br>5. Verordnung und Normen 5.1 Gebäude 5.2 Industrielle und gewerbliche Anlagen |
| <b>Literatur</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schmitz, G.: Klimaanlage, Skript zur Vorlesung</li> <li>• VDI Wärmeatlas, 11. Auflage, Springer Verlag, Düsseldorf 2013</li> <li>• Herwig, H.; Moschallski, A.: Wärmeübertragung, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden 2009</li> <li>• Recknagel, H.; Sprenger, E.; Schrammek, E.-R.: Taschenbuch für Heizung- und Klimatechnik 2013/2014, 76. Auflage, Deutscher Industrieverlag, 2013</li> </ul>   |

| <b>Lehrveranstaltung L0024: Thermische Energiesysteme</b> |                                    |
|---|------------------------------------|
| <b>Typ</b>  | Hörsaalübung                       |
| <b>SWS</b>  | 1                                  |
| <b>LP</b>   | 1                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                          | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Gerhard Schmitz              |
| <b>Sprachen</b>   | DE                                 |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe                               |
| <b>Inhalt</b>   | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

| Modul M0975: Industrial Bioprocesses in Practice                |  |            |            |           |
|---|--|------------|------------|-----------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                                      |  |            |            |           |
| <b>Titel</b>  |  | <b>Typ</b> | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
| Industrielle Biotechnologie in der Chemischen Industrie (L2276) |  | Seminar    | 2          | 3         |
| Praxis in der Bioverfahrenstechnik (L2275)                      |  | Seminar    | 2          | 3         |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                                    | Prof. Andreas Liese  |            |            |           |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                                | None   |            |            |           |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                                 | Knowledge of bioprocess engineering and process engineering at bachelor level  |            |            |           |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>                   | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |            |            |           |
| <b>Fachkompetenz</b>  | After successful completion of the module  |            |            |           |
| <i>Wissen</i>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>the students can outline the current status of research on the specific topics discussed</li> <li>the students can explain the basic underlying principles of the respective industrial biotransformations</li> </ul>   |            |            |           |
| <i>Fertigkeiten</i>   | After successful completion of the module students are able to <ul style="list-style-type: none"> <li>analyze and evaluate current research approaches</li> <li>plan industrial biotransformations basically</li> </ul>  |            |            |           |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                                    |  |            |            |           |
| <i>Sozialkompetenz</i>  | Students are able to work together as a team with several students to solve given tasks and discuss their results in the plenary and to defend them.   |            |            |           |
| <i>Selbstständigkeit</i>  | The students are able independently to present the results of their subtasks in a presentation   |            |            |           |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56  |            |            |           |
| <b>Leistungspunkte</b>  | 6  |            |            |           |
| <b>Studienleistung</b>  | Keine  |            |            |           |
| <b>Prüfung</b>  | Referat  |            |            |           |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                                | je Veranstaltung 15 min Vortrag and 15 min Diskussion  |            |            |           |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>                         | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie und Bioprozesstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie und Bioprozesstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Management und Controlling: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Management und Controlling: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht |            |            |           |

| <b>Lehrveranstaltung L2276: Industrial biotechnology in Chemical Industry</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Seminar  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>   | Dr. Stephan Freyer   |
| <b>Sprachen</b>   | EN   |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>   | This course gives an insight into the applications, processes, structures and boundary conditions in industrial practice. Various concrete applications of the technology, markets and other questions that will significantly influence the plant and process design will be shown.   |
| <b>Literatur</b>  | <p>Chmiel H (ed). Bioprozesstechnik, Springer 2011, ISBN: 978-3-8274-2476-1 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen]</p> <p>Bailey, James and David F. Ollis: Biochemical Engineering Fundamentals. -2nd ed.; New York: McGraw Hill, 1986.</p> <p>Becker, Th. et al. (2008) Biotechnology. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract">http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract</a></p> <p>Doran, Pauline M.: Bioprocess Engineering Principles, Academic Press, 2003</p> <p>Hass, V. und R. Pörtner: Praxis der Bioprozesstechnik. Spektrum Akademischer Verlag (2011), 2. Auflage</p> <p>Krahe M (2003) Biochemical Engineering. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html">http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html</a></p> <p>Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts</p> |

| <b>Lehrveranstaltung L2275: Practice in bioprocess engineering</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Seminar  |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                   | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>  | Dr. Willfried Blümke   |
| <b>Sprachen</b>  | EN   |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>  | Content of this course is a concrete insight into the principles, processes and structures of an industrial biotechnology company. In addition to practical illustrative examples, aspects beyond the actual process engineering area are also addressed, such as e.g. Sustainability and engineering.   |
| <b>Literatur</b>   | <p>Chmiel H (ed). Bioprozesstechnik, Springer 2011, ISBN: 978-3-8274-2476-1 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen]</p> <p>Bailey, James and David F. Ollis: Biochemical Engineering Fundamentals. -2nd ed.; New York: McGraw Hill, 1986.</p> <p>Becker, Th. et al. (2008) Biotechnology. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract">http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract</a></p> <p>Doran, Pauline M.: Bioprocess Engineering Principles, Academic Press, 2003</p> <p>Hass, V. und R. Pörtner: Praxis der Bioprozesstechnik. Spektrum Akademischer Verlag (2011), 2. Auflage</p> <p>Krahe M (2003) Biochemical Engineering. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html">http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html</a></p> <p>Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts</p> |

## Fachmodule der Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik

### Modul M0617: Hochdruckverfahrenstechnik

#### Lehrveranstaltungen

| Titel  | Typ       | SWS | LP |
|--|-----------|-----|----|
| Hochdrucktechnik im Apparatebau (L1278)            | Vorlesung | 2   | 2  |
| Industrielle Verfahren unter Hohen Drücken (L0116) | Vorlesung | 2   | 2  |
| Moderne Trennverfahren (L0094)                     | Vorlesung | 2   | 2  |

|                              |                      |
|------------------------------|----------------------|
| <b>Modulverantwortlicher</b> | Dr. Monika Johannsen |
|------------------------------|----------------------|

|                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b> | Keine |
|----------------------------------|-------|

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b> | Grundlagen der Chemie, Chemische und Thermische Verfahrenstechnik, Fluidverfahrenstechnik, Trenntechnik, Thermodynamik, Mehrphasengleichgewichte |
|---------------------------------|--|

|   |   |
|---|---|
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
|---|---|

|                              |   |
|------------------------------|---|
| <b>Fachkompetenz</b>         | <p>Nach erfolgreicher Teilnahme können Studierende:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• den Einfluss des Drucks auf die physikalisch-chemischen und thermodynamischen Eigenschaften eines Fluids erklären,</li> <li>• thermodynamische Grundlagen für Verfahren mit überkritischen Fluiden beschreiben,</li> <li>• Modelle zur Beschreibung von Feststoffextraktion und Gegenstromextraktion erläutern,</li> <li>• Parameter zur Optimierung von Prozessen mit überkritischen Fluiden diskutieren.</li> </ul>  |
| <i>Wissen</i>                |   |
| <b>Fertigkeiten</b>          | <p>Nach erfolgreicher Teilnahme sind Studierende in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trennverfahren mit überkritischen Fluiden und mit konventionellen Lösungsmitteln zu vergleichen,</li> <li>• bei gegebener Trennaufgabe das Anwendungspotential von Hochdruckverfahren zu beurteilen,</li> <li>• Hochdruckverfahren im Ablauf einer vorgegebenen komplexen Industrieanwendung einzuplanen,</li> <li>• die Wirtschaftlichkeit von Hochdruckverfahren hinsichtlich Investition und Betriebskosten einzuschätzen,</li> <li>• unter Anleitung einen experimentellen Versuch an einer Hochdruckanlage durchzuführen,</li> <li>• experimentelle Ergebnisse zu beurteilen,</li> <li>• ein Versuchsprotokoll anzufertigen.</li> </ul> |
| <i>Fertigkeiten</i>          |   |
| <b>Personale Kompetenzen</b> | <p>Nach erfolgreicher Teilnahme sind Studierende in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• in 2er Teams wissenschaftliche Artikel zu präsentieren und die Inhalte gemeinsam zu verteidigen</li> </ul>   |
| <i>Sozialkompetenz</i>       |   |
| <i>Selbstständigkeit</i>     |   |

|                                  |                                    |
|----------------------------------|------------------------------------|
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b> | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84 |
|----------------------------------|------------------------------------|

|                        |   |
|------------------------|---|
| <b>Leistungspunkte</b> | 6 |
|------------------------|---|

| Studienleistung | Verpflichtendes Bonus | Art der Studienleistung | Beschreibung |
|-----------------|-----------------------|-------------------------|--------------|
| Ja              | 15 %                  | Referat                 |              |

|                |         |
|----------------|---------|
| <b>Prüfung</b> | Klausur |
|----------------|---------|

|                                  |         |
|----------------------------------|---------|
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b> | 120 min |
|----------------------------------|---------|

|  |  |
|--|--|
|  | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht |
|--|--|

|   |   |
|---|---|
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b> | Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht |
|---|---|

| <b>Lehrveranstaltung L1278: Hochdrucktechnik im Apparatebau</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Arne Pietsch  |
| <b>Sprachen</b>   | DE/EN   |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rechtliche Grundlagen (Gesetz, Verordnung, Richtlinie, Standard/Norm)</li> <li>2. Berechnungsgrundlagen Druckgeräte (AD-Regelwerk, ASME-Regelwerk, GL Vorschriften, weitere Berechnungsmethoden)</li> <li>3. Spannungshypothesen</li> <li>4. Werkstoffauswahl, Fertigungsverfahren</li> <li>5. Dünnwandige Behälter</li> <li>6. Dickwandige Behälter</li> <li>7. Sicherheitseinrichtungen</li> <li>8. Sicherheitsanalysen</li> </ol> <p style="text-align: center;">Anwendungsschwerpunkte</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>9. Unterwassertechnik (bemannte und unbemannte Druckbehälter, PVHO Code)</li> <li>10. Dampfkessel</li> <li>11. Wärmetauscher</li> <li>12. LPG, LEG Transport-tanks (Bilobe Bauart, IMO Type C tanks)</li> </ol> |
| <b>Literatur</b>  | Apparate und Armaturen in der chemischen Hochdrucktechnik, Springer Verlag<br>Spain and Paauwe: High Pressure Technology, Vol. I und II, M. Dekker Verlag<br>AD-Merkblätter, Heumanns Verlag<br>Bertuccio; Vetter: High Pressure Process Technology, Elsevier Verlag<br>Sherman; Stadtmuller: Experimental Techniques in High-Pressure Research, Wiley & Sons Verlag<br>Klapp: Apparate- und Anlagentechnik, Springer Verlag  |

| <b>Lehrveranstaltung L0116: Industrial Processes Under High Pressure</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>  | Dr. Carsten Zetzl  |
| <b>Sprachen</b>  | EN   |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>  | Part I : Physical Chemistry and Thermodynamics <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introduction: Overview, achieving high pressure, range of parameters.</li> <li>2. Influence of pressure on properties of fluids: P,v,T-behaviour, enthalpy, internal energy, entropy, heat capacity, viscosity, thermal conductivity, diffusion coefficients, interfacial tension.</li> <li>3. Influence of pressure on heterogeneous equilibria: Phenomenology of phase equilibria</li> <li>4. Overview on calculation methods for (high pressure) phase equilibria). Influence of pressure on transport processes, heat and mass transfer.</li> </ol> Part II : High Pressure Processes |

|                  |  |
|------------------|--|
| <b>Inhalt</b>    | <p>5. Separation processes at elevated pressures: Absorption, adsorption (pressure swing adsorption), distillation (distillation of air), condensation (liquefaction of gases)</p> <p>6. Supercritical fluids as solvents: Gas extraction, cleaning, solvents in reacting systems, dyeing, impregnation, particle formation (formulation)</p> <p>7. Reactions at elevated pressures. Influence of elevated pressure on biochemical systems: Resistance against pressure</p> <p><b>Part III : Industrial production</b></p> <p>8. Reaction : Haber-Bosch-process, methanol-synthesis, polymerizations; Hydrations, pyrolysis, hydrocracking; Wet air oxidation, supercritical water oxidation (SCWO)</p> <p>9. Separation : Linde Process, De-Caffeination, Petrol and Bio-Refinery</p> <p>10. Industrial High Pressure Applications in Biofuel and Biodiesel Production</p> <p>11. Sterilization and Enzyme Catalysis</p> <p>12. Solids handling in high pressure processes, feeding and removal of solids, transport within the reactor.</p> <p>13. Supercritical fluids for materials processing.</p> <p>14. Cost Engineering</p> <p>Learning Outcomes:<br/>After a successful completion of this module, the student should be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- understand of the influences of pressure on properties of compounds, phase equilibria, and production processes.</li> <li>- Apply high pressure approaches in the complex process design tasks</li> <li>- Estimate Efficiency of high pressure alternatives with respect to investment and operational costs</li> </ul> <p>Performance Record:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Presence (28 h)</li> <li>2. Oral presentation of original scientific article (15 min) with written summary</li> <li>3. Written examination and Case study</li> </ol> <p style="padding-left: 40px;">( 2+3 : 32 h Workload)</p> <p>Workload:<br/>60 hours total</p> |
| <b>Literatur</b> | <p>Literatur:</p> <p>Script: High Pressure Chemical Engineering.<br/>G. Brunner: Gas Extraction. An Introduction to Fundamentals of Supercritical Fluids and the Application to Separation Processes. Steinkopff, Darmstadt, Springer, New York, 1994.</p>   |

| <b>Lehrveranstaltung L0094: Advanced Separation Processes</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                              | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>   | Dr. Monika Johannsen  |
| <b>Sprachen</b>   | EN  |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction/Overview on Properties of Supercritical Fluids (SCF) and their Application in Gas Extraction Processes</li> <li>• Solubility of Compounds in Supercritical Fluids and Phase Equilibrium with SCF</li> <li>• Extraction from Solid Substrates: Fundamentals, Hydrodynamics and Mass Transfer</li> <li>• Extraction from Solid Substrates: Applications and Processes (including Supercritical Water)</li> <li>• Countercurrent Multistage Extraction: Fundamentals and Methods, Hydrodynamics and Mass Transfer</li> <li>• Countercurrent Multistage Extraction: Applications and Processes</li> <li>• Solvent Cycle, Methods for Precipitation</li> <li>• Supercritical Fluid Chromatography (SFC): Fundamentals and Application</li> <li>• Simulated Moving Bed Chromatography (SMB)</li> <li>• Membrane Separation of Gases at High Pressures</li> <li>• Separation by Reactions in Supercritical Fluids (Enzymes)</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>  | G. Brunner: Gas Extraction. An Introduction to Fundamentals of Supercritical Fluids and the Application to Separation Processes. Steinkopff, Darmstadt, Springer, New York, 1994.   |

| Modul M0714: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen |  |              |            |           |
|---|--|--------------|------------|-----------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                                |  |              |            |           |
| <b>Titel</b>  |  | <b>Typ</b>   | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
| Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen (L0576)      |  | Vorlesung    | 2          | 3         |
| Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen (L0582)      |  | Gruppenübung | 2          | 3         |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                              | Prof. Sabine Le Borne  |              |            |           |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                          | Keine  |              |            |           |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematik I, II, III für Ingenieurstudierende (deutsch oder englisch) oder Analysis &amp; Lineare Algebra I + II sowie Analysis III für Technomathematiker</li> <li>• MATLAB Grundkenntnisse</li> </ul>  |              |            |           |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>             | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |              |            |           |
| <b>Fachkompetenz</b>                                      | Studierende können   |              |            |           |
| <i>Wissen</i>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• numerische Verfahren zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen benennen und deren Kernideen erläutern,</li> <li>• Konvergenzaussagen (inklusive der an das zugrundeliegende Problem gestellten Voraussetzungen) zu den behandelten numerischen Verfahren wiedergeben,</li> <li>• Aspekte der praktischen Durchführung numerischer Verfahren erklären.</li> <li>• Wählen Sie die entsprechende numerische Methode für konkrete Probleme, implementieren die numerischen Algorithmen effizient und interpretieren die numerischen Ergebnisse</li> </ul> |              |            |           |
| <i>Fertigkeiten</i>                                       | Studierende sind in der Lage,  |              |            |           |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• numerische Methoden zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen in MATLAB zu implementieren, anzuwenden und zu vergleichen,</li> <li>• das Konvergenzverhalten numerischen Methoden in Abhängigkeit vom gestellten Problem und des verwendeten Lösungsalgorithmus zu begründen,</li> <li>• zu gegebener Problemstellung einen geeigneten Lösungsansatz zu entwickeln, gegebenenfalls durch Zusammensetzen mehrerer Algorithmen, diesen durchzuführen und die Ergebnisse kritisch auszuwerten.</li> </ul>  |              |            |           |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                              | Studierende können   |              |            |           |
| <i>Sozialkompetenz</i>                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• in heterogen zusammengesetzten Teams (d.h. aus unterschiedlichen Studiengängen und mit unterschiedlichem Hintergrundwissen) zusammenarbeiten, sich theoretische Grundlagen erklären sowie bei praktischen Implementierungsaspekten der Algorithmen unterstützen.</li> </ul>   |              |            |           |
| <i>Selbstständigkeit</i>                                  | Studierende sind fähig,  |              |            |           |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• selbst einzuschätzen, ob sie die begleitenden theoretischen und praktischen Übungsaufgaben besser allein oder im Team lösen,</li> <li>• ihren Lernstand konkret zu beurteilen und gegebenenfalls gezielt Fragen zu stellen und Hilfe zu suchen.</li> </ul>  |              |            |           |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                          | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56  |              |            |           |
| <b>Leistungspunkte</b>                                    | 6  |              |            |           |
| <b>Studienleistung</b>                                    | Keine  |              |            |           |
| <b>Prüfung</b>  | Klausur  |              |            |           |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                          | 90 min   |              |            |           |
|   | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht   |              |            |           |

|   |   |
|---|---|
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b> | Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht<br>Energietechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht<br>Flugzeug-Systemtechnik: Vertiefung Flugzeugsysteme: Wahlpflicht<br>Mathematical Modelling in Engineering: Theory, Numerics, Applications: Vertiefung I.<br>Numerics (TUHH): Pflicht<br>Mechatronik: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht<br>Technomathematik: Vertiefung I. Mathematik: Wahlpflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Pflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht |
|---|---|

| <b>Lehrveranstaltung L0576: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>   | 2   |
| <b>LP</b>  | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Sabine Le Borne, Dr. Christian Seifert  |
| <b>Sprachen</b>  | DE/EN   |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>  | Numerische Verfahren für Anfangswertprobleme <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einschrittverfahren</li> <li>• Mehrschrittverfahren</li> <li>• Steife Probleme</li> <li>• Differentiell-algebraische Gleichungen vom Index 1</li> </ul> Numerische Verfahren für Randwertaufgaben <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehrzielmethode</li> <li>• Differenzenverfahren</li> <li>• Variationsmethoden</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• E. Hairer, S. Noersett, G. Wanner: Solving Ordinary Differential Equations I: Nonstiff Problems</li> <li>• E. Hairer, G. Wanner: Solving Ordinary Differential Equations II: Stiff and Differential-Algebraic Problems</li> </ul>  |

| <b>Lehrveranstaltung L0582: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Gruppenübung                                 |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28           |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Sabine Le Borne, Dr. Christian Seifert |
| <b>Sprachen</b>  | DE/EN  |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung            |
| <b>Literatur</b>   | Siehe korrespondierende Vorlesung            |

## Modul M0749: Abfallbehandlung und Feststoffverfahrenstechnik

### Lehrveranstaltungen

| Titel  | Typ          | SWS | LP |
|--|--------------|-----|----|
| Feststoffverfahrenstechnik für Biomassen (L0052) | Vorlesung    | 2   | 2  |
| Thermische Abfallbehandlung (L0320)              | Vorlesung    | 2   | 2  |
| Thermische Abfallbehandlung (L1177)              | Hörsaalübung | 1   | 2  |

|                              |                      |
|------------------------------|----------------------|
| <b>Modulverantwortlicher</b> | Prof. Kerstin Kuchta |
|------------------------------|----------------------|

|                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b> | Keine |
|----------------------------------|-------|

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b> | Grundlagen der Thermodynamik,<br>Grundlagen Strömungsmechanik<br>Grundlagen der Chemie |
|---------------------------------|--|

|   |   |
|---|---|
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
|---|---|

|                              |   |
|------------------------------|---|
| <b>Fachkompetenz</b>         | Die Studierenden können aktuelle Frage- und Problemstellungen aus dem Gebiet der thermischen Abfallbehandlungstechnik und der Feststoffverfahrenstechnik benennen, beschreiben und in den Gesamtkontext des Fachs einordnen.<br><br>Dabei können sie verschiedene Arten von Verbrennungs- und Aufbereitungstechniken unterscheiden und beschreiben, zum Beispiel Rostfeuerung, Pyrolyse, Pelletierung.              |
| <i>Wissen</i>                | Die Studierenden sind in der Lage, Apparate der thermischen Abfallbehandlungstechnik und der Feststoffverfahrenstechnik zu konzipieren und auszulegen.  |
| <b>Personale Kompetenzen</b> | Die Studierenden sind in der Lage, geeignete Verfahren für die Behandlung bestimmter Abfälle oder Rohstoffe in Abhängigkeit von deren Charakteristika und den Zielsetzungen auszuwählen. Sie können den technischen Aufwand und die ökologischen Folgen der Technologien abschätzen .   |
| <i>Fertigkeiten</i>          |   |
| <b>Sozialkompetenz</b>       | Die Studierenden können <ul style="list-style-type: none"> <li>• respektvoll in der Gruppe lernen und technische Fragestellungen diskutieren,</li> <li>• wissenschaftliche Aufgabenstellungen fachspezifische und fachübergreifende diskutieren,</li> <li>• gemeinsame Lösungen entwickeln,</li> <li>• fachliche konstruktives Feedback geben und mit Rückmeldungen zu ihrem eigenen Leistungen umgehen.</li> </ul> |
| <i>Sozialkompetenz</i>       |   |
| <b>Selbstständigkeit</b>     | Die Studierenden können sich selbstständig Quellen über das jeweilige Fachgebiet erschließen, sich das darin enthaltene Wissen aneignen und auf neue Fragestellungen transformieren. Sie sind fähig in Rücksprache mit Lehrenden ihren jeweiligen Lernstand konkret zu beurteilen und dieser Basis weitere Fragestellungen und für die Lösung notwendigen Arbeitsschritte zu definieren.                            |
| <i>Selbstständigkeit</i>     |   |

|                                  |                                     |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b> | Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70 |
|----------------------------------|-------------------------------------|

|                        |   |
|------------------------|---|
| <b>Leistungspunkte</b> | 6 |
|------------------------|---|

|                        |       |
|------------------------|-------|
| <b>Studienleistung</b> | Keine |
|------------------------|-------|

|                |         |
|----------------|---------|
| <b>Prüfung</b> | Klausur |
|----------------|---------|

|                                  |         |
|----------------------------------|---------|
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b> | 120 min |
|----------------------------------|---------|

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| <b>Zuordnung zu folgenden</b> | Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Energie- und Umwelttechnik: Vertiefung Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Regenerative Energien: Wahlpflicht |
|-------------------------------|---|

|                  |  |
|------------------|--|
| <b>Curricula</b> | Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Pflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht |
|------------------|--|

| <b>Lehrveranstaltung L0052: Feststoffverfahrenstechnik für Biomassen</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Werner Sitzmann  |
| <b>Sprachen</b>  | DE   |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>  | Die großtechnische Anwendung verfahrenstechnischer Grundoperationen wird an aktuellen Beispielen der Verarbeitung fester Biomassen demonstriert. Hierzu gehören unter anderem: Zerkleinern, Fördern und Dosieren, Trocknen und Agglomerieren nachwachsender Rohstoffe im Rahmen der Herstellung von Brennstoffen, der Bioethanolerzeugung, der Gewinnung und Veredelung von Pflanzenölen, von Biomass-to-liquid-Prozessen sowie der Herstellung von wood-plastic-composites. Aspekte zum Explosionsschutz und zur Anlagenplanung ergänzen die Vorlesung. |
| <b>Literatur</b>   | Kaltschmitt M., Hartmann H. (Hrsg.): Energie aus Bioamasse, Springer Verlag, 2001, ISBN 3-540-64853-4<br><br>Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe,<br>Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. <a href="http://www.nachwachsende-rohstoffe.de">www.nachwachsende-rohstoffe.de</a><br><br>Bockisch M.: Nahrungsfette und -öle, Ulmer Verlag, 1993, ISBN 380000158175   |

| <b>Lehrveranstaltung L0320: Thermal Waste Treatment</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                        | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Kerstin Kuchta  |
| <b>Sprachen</b>   | EN  |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction, actual state-of-the-art of waste incineration, aims. legal background, reaction principals</li> <li>• basics of incineration processes: waste composition, calorific value, calculation of air demand and flue gas composition</li> <li>• Incineration techniques: grate firing, ash transfer, boiler</li> <li>• Flue gas cleaning: Volume, composition, legal frame work and emission limits, dry treatment, scrubber, de-nox techniques, dioxin elimination, Mercury elimination</li> <li>• Ash treatment: Mass, quality, treatment concepts, recycling, disposal</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>  | Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Thermische Abfallbehandlung Bande 1-7. EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik, Berlin, 196 - 2013.   |

| <b>Lehrveranstaltung L1177: Thermal Waste Treatment</b> |                                    |
|---|------------------------------------|
| <b>Typ</b>  | Hörsaalübung                       |
| <b>SWS</b>  | 1                                  |
| <b>LP</b>   | 2                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                        | Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14 |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Kerstin Kuchta               |
| <b>Sprachen</b>   | EN                                 |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe                               |
| <b>Inhalt</b>   | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

**Modul M0897: CAPE - Computergestützte Auslegung Verfahrenstechnischer Prozesse**

**Lehrveranstaltungen**

| <b>Titel</b>  | <b>Typ</b> | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
|---|------------|------------|-----------|
| CAPE inkl. Computerübung (L1039)                        | Vorlesung  | 2          | 3         |
| Methoden der Prozesssicherheit und Gefahrstoffe (L1040) | Vorlesung  | 2          | 3         |

|                              |                  |
|------------------------------|------------------|
| <b>Modulverantwortlicher</b> | Prof. Georg Fieg |
|------------------------------|------------------|

|                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b> | Keine |
|----------------------------------|-------|

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b> | Inhalte der Module: Prozess- und Anlagentechnik I und II<br>Thermische Grundoperationen<br>Wärme- und Stoffübertragung |
|---------------------------------|--|

|   |   |
|---|---|
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
|---|---|

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>Fachkompetenz</b>         | <p>Studierende können nach der Teilnahme am Modul CAPE "Computergestützte Auslegung verfahrenstechnischer Prozesse":</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Typen von Simulationstools benennen</li> <li>- die Prinzipien von Flowsheetsimulatoren und gleichungsorientierten Simulatoren wiedergeben</li> <li>- den prinzipiellen Aufbau eines Flowsheetsimulators angeben</li> <li>- den Unterschied zwischen stationären und dynamischen Simulatoren erklären</li> <li>- die Grundlagen der Toxikologie&amp;Gefahrstoffe wiedergeben</li> <li>- die wesentlichen Grundzüge und Methoden der Sicherheitstechnik aufzählen und deren Funktionsweise erklären</li> <li>- die Begriffe der gesetzlichen Unfallversicherung wiedergeben und deren Bedeutung erklären</li> <li>- die Bedeutung der Sicherheitsbetrachtungen bei der Anlagenauslegung wiedergeben</li> </ul> <p>Studierende können nach der Teilnahme am Modul CAPE "Computergestützte Auslegung verfahrenstechnischer Prozesse":</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sowohl stationäre als auch dynamische Simulationen durchführen</li> <li>- Simulationsergebnisse auszuwerten und in der Praxis umzusetzen</li> <li>- geeignete Simulationsmodelle auszuwählen und miteinander so zu verknüpfen, dass eine funktionierende Produktionsanlage dabei entsteht</li> <li>- Ergebnisse exp. Messmethoden der Sicherheitstechnik bewerten und anwenden</li> <li>- Ergebnisse der Sicherheitsbetrachtungen bewerten, gegenüberstellen und kritisch hinsichtlich der Anwendung bei der Anlagenauslegung anwenden</li> </ul> |
| <i>Wissen</i>                |  |
| <i>Fertigkeiten</i>          |  |
| <b>Personale Kompetenzen</b> | <p>Studierende sind in nach erfolgreicher Teilnahme am Modul "Computergestützte Auslegung verfahrenstechnischer Prozesse" in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- in Gruppen zusammenarbeiten, um über die Simulationen von Einzelelementen des Gesamtprozesses schliesslich den intergralen Prozess zu entwickeln</li> <li>- in Gruppen das entwickelte Sicherheitskonzept zu präsentieren</li> </ul>   |
| <i>Sozialkompetenz</i>       |  |

|   |   |            |                                |
|---|---|------------|--------------------------------|
| <i>Selbstständigkeit</i>                | Studierende sind in nach erfolgreicher Teilnahme am Modul "Computergestützte Auslegung verfahrenstechnischer Prozesse" in der Lage:   |            |                                |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>        | eigenständig und verantwortlich bezüglich Mensch und Umwelt zu handeln<br>Eigenstudium 124, Präsenzstudium 36   |            |                                |
| <b>Leistungspunkte</b>                  | 6   |            |                                |
| <b>Studienleistung</b>                  | <b>Verpflichtet</b>   | <b>Ort</b> | <b>Art der Studienleistung</b> |
|   | Ja  | Keiner     | Gruppendiskussion              |
|   | Beschreibung<br>Gruppendiskussionen finden im Rahmen der PC-Übungen statt   |            |                                |
| <b>Prüfung</b>                          | Klausur   |            |                                |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>        | 180 min   |            |                                |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b> | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht |            |                                |

| Lehrveranstaltung L1039: CAPE inkl. Computerübung |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                  | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>                                   | Prof. Georg Fieg  |
| <b>Sprachen</b>                                   | DE  |
| <b>Zeitraum</b>                                   | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>                                     | <p>I. Einführung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Grundlagen der stationären Prozesssimulation                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1.1. Klassen von Simulationsprogrammen</li> <li>1.2. Sequentiell-modularer Ansatz</li> <li>1.3. Funktionsweise ASPEN PLUS</li> </ul> </li> <li>2. Einführung in ASPEN PLUS                             <ul style="list-style-type: none"> <li>2.1. Benutzeroberfläche</li> <li>2.2. Stoffdatenberechnungsmodelle</li> <li>2.3. Einsatz vorhandener Werkzeuge (z.B. Designspezifikationen)</li> <li>2.4. Konvergenzproblematik</li> </ul> </li> </ul> <p>II. Rechnerübung mit ASPEN PLUS und ACM</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Umfang, Möglichkeiten, Grenzen von ASPEN PLUS</li> <li>Praktische Nutzung der ASPEN Datenbank</li> <li>Abschätzungsmethoden nicht vorhandener Daten</li> <li>Anwendung der Modellbibliothek, Prozesssynthese</li> <li>Designspezifikationen</li> <li>Sensitivitätsanalysen</li> <li>Optimierungsprobleme</li> <li>Industrielle Fallstudien</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- G. Fieg: Lecture notes</li> <li>- Seider, W.D.; Seader, J.D.; Lewin, D.R.: Product and Process Design Principles: Synthesis, Analysis, and Evaluation; Hoboken, J. Wiley &amp; Sons, 2010</li> </ul>   |

| <b>Lehrveranstaltung L1040: Methoden der Prozesssicherheit und Gefahrstoffe</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Georg Fieg, Dr. Thomas Waluga   |
| <b>Sprachen</b>   | DE  |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>   | <p>Praktische Durchführung von Sicherheitsanalysen (Methoden)</p> <p>Sicherheitstechnische Kenngrößen und Methoden zu ihrer Bestimmung</p> <p>Gefährlichkeitsmerkmale nach dem Chemikaliengesetz</p> <p>GHS (Global harmonisiertes System) zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien</p> <p>Gefahrstoffe</p>   |
| <b>Literatur</b>  | <p>Bender, H.: Sicherer Umgang mit Gefahrstoffen; Weinheim (2005)</p> <p>Bender, H.: Das Gefahrstoffbuch. Sicherer Umgang mit Gefahrstoffen in der Praxis; Weinheim (2002)</p> <p>Birett, K.: Umgang mit Gefahrstoffen; Heidelberg (2011)</p> <p>Birgersson, B.; Sterner, O.; Zimerson, E.: Chemie und Gesundheit; Weinheim (1988)</p> <p>O. Antelmann, Diss. an der TU Berlin, 2001</p> <p>R. Dittmeyer, W. Keim, G. Kreysa, A. Oberholz, Chemische Technik, Prozesse und Produkte, Band 1</p> <p>Methodische Grundlagen, VCH, 2004-2006, S. 719</p> <p>H. Pohle, Chemische Industrie, Umweltschutz, Arbeitsschutz, Anlagensicherheit, VCH, Weinheim, 1991</p> <p>J. Steinbach, Chemische Sicherheitstechnik, VCH, Weinheim, 1995</p> <p>G. Suter, Identifikation sicherheitskritischer Prozesse, P&amp;A Kompendium, 2004</p> |

| Modul M0898: Heterogeneous Catalysis                            |  |                |  |
|---|--|----------------|--|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                                      |  |                |  |
| <b>Titel</b>  |  | <b>Typ</b>     | <b>SWS</b> <b>LP</b>                               |
| Analyse und Auslegung Heterogen Katalytischer Reaktoren (L0223) |  | Vorlesung      | 2            2                                     |
| Moderne Methoden in der Heterogenen Katalyse (L0533)            |  | Vorlesung      | 2            2                                     |
| Moderne Methoden in der Heterogenen Katalyse (L0534)            |  | Laborpraktikum | 2            2                                     |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                                    | Prof. Raimund Horn   |                |  |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                                | None   |                |  |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                                 | Content of the bachelor-modules "process technology", as well as particle technology, fluidmechanics in process-technology and transport processes.  |                |  |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>                   | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |                |  |
| <b>Fachkompetenz</b>  | The students are able to apply their knowledge to explain industrial catalytic processes as well as indicate different synthesis routes of established catalyst systems. They are capable to outline dis-/advantages of supported and full-catalysts with respect to their application. Students are able to identify analytical tools for specific catalytic applications.  |                |  |
| <i>Wissen</i>   |  |                |  |
| <b>Fertigkeiten</b>   | After successful completion of the module, students are able to use their knowledge to identify suitable analytical tools for specific catalytic applications and to explain their choice. Moreover the students are able to choose and formulate suitable reactor systems for the current synthesis process. Students can apply their knowledge discretely to develop and conduct experiments. They are able to appraise achieved results into a more general context and draw conclusions out of them. |                |  |
| <i>Fertigkeiten</i>   |  |                |  |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                                    | The students are able to plan, prepare, conduct and document experiments according to scientific guidelines in small groups.   |                |  |
| <i>Sozialkompetenz</i>  | The students can discuss their subject related knowledge among each other and with their teachers.   |                |  |
| <i>Selbstständigkeit</i>  | The students are able to obtain further information for experimental planning and assess their relevance autonomously.   |                |  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84   |                |  |
| <b>Leistungspunkte</b>  | 6  |                |  |
| <b>Studienleistung</b>  | <b>Verpflichtend</b>   | <b>Form</b>    | <b>Art der Studienleistung</b> <b>Beschreibung</b> |
|   | Ja   | Keiner         | Referat  |
| <b>Prüfung</b>  | Klausur  |                |  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                                | 120 min  |                |  |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>                         | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Kernqualifikation: Pflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht  |                |  |

| <b>Lehrveranstaltung L0223: Analysis and Design of Heterogeneous Catalytic Reactors</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Raimund Horn  |
| <b>Sprachen</b>   | EN  |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Material- and Energybalance of the two-dimensional zweidimensionalen pseudo-homogeneous reactor model</li> <li>2. Numerical solution of ordinary differential equations (Euler, Runge-Kutta, solvers for stiff problems, step controlled solvers)</li> <li>3. Reactor design with one-dimensional models (ethane cracker, catalyst deactivation, tubular reactor with deactivating catalyst, moving bed reactor with regenerating catalyst, riser reactor, fluidized bed reactor)</li> <li>4. Partial differential equations (classification, numerical solution Lösung, finite difference method, method of lines)</li> <li>5. Examples of reactor design (isothermal tubular reactor with axial dispersion, dehydrogenation of ethyl benzene, wrong-way behaviour)</li> <li>6. Boundary value problems (numerical solution, shooting method, concentration- and temperature profiles in a catalyst pellet, multiphase reactors, trickle bed reactor)</li> </ol> |
| <b>Literatur</b>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lecture notes R. Horn</li> <li>2. Lecture notes F. Keil</li> <li>3. G. F. Froment, K. B. Bischoff, J. De Wilde, Chemical Reactor Analysis and Design, John Wiley &amp; Sons, 2010</li> <li>4. R. Aris, Elementary Chemical Reactor Analysis, Dover Pubn. Inc., 2000</li> </ol>  |

| <b>Lehrveranstaltung L0533: Modern Methods in Heterogeneous Catalysis</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Raimund Horn   |
| <b>Sprachen</b>   | EN   |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>   | <p>Heterogeneous Catalysis and Chemical Reaction Engineering are inextricably linked. About 90% of all chemical intermediates and consumer products (fuels, plastics, fertilizers etc.) are produced with the aid of catalysts. Most of them, in particular large scale products, are produced by heterogeneous catalysis viz. gaseous or liquid reactants react on solid catalysts. In multiphase reactors gases, liquids and a solid catalyst are present.</p> <p>Heterogeneous catalysis plays also a key role in any future energy scenario (fuel cells, electrocatalytic splitting of water) and in environmental engineering (automotive catalysis, photocatalytic abatement of water pollutants).</p> <p>Heterogeneous catalysis is an interdisciplinary science requiring knowledge of different scientific disciplines such as</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materials Science (synthesis and characterization of solid catalysts)</li> <li>• Physics (structure and electronic properties of solids, defects)</li> <li>• Physical Chemistry (thermodynamics, reaction mechanisms, chemical kinetics, adsorption, desorption, spectroscopy, surface chemistry, theory)</li> <li>• Reaction Engineering (catalytic reactors, mass- and heat transport in catalytic reactors, multi-scale modeling, application of heterogeneous catalysis)</li> </ul> <p>The class „Modern Methods in Heterogeneous Catalysis“ will deal with the above listed aspects of heterogeneous catalysis beyond the material presented in the normal curriculum of chemical reaction engineering classes. In the corresponding laboratory will have the opportunity to apply their aquired theoretical knowledge by synthesizing a solid catalyst, characterizing it with a variety of modern instrumental methods (e.g. BET, chemisorption, pore analysis, XRD, Raman-Spectroscopy, Electron Microscopy) and measuring its kinetics. Class and laboratory „Modern Methods in Heterogeneous Catalysis“ in combination with the lecture „Analysis and Design of Heterogeneous Catalytic Reactors“ will give interested students the opportunity to specialize in this vibrant, multifaceted and application oriented field of research.</p> |
| <b>Literatur</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• J.M. Thomas, W.J. Thomas: Principles and Practice of Heterogeneous Catalysis, VCH</li> <li>• I. Chorkendorff, J. W. Niemantsverdriet, Concepts of Modern Catalysis and Kinetics, WILEY-VCH</li> <li>• B.C. Gates: Catalytic Chemistry, John Wiley</li> <li>• R.A. van Santen, P.W.N.M. van Leeuwen, J.A. Moulijn, B.A. Averill (Eds.): Catalysis: an integrated approach, Elsevier</li> <li>• D.P. Woodruff, T.A. Delchar: Modern Techniques of Surface Science, Cambridge Univ. Press</li> <li>• J.W. Niemantsverdriet: Spectroscopy in Catalysis, VCH</li> <li>• F. Delannay (Ed.): Characterization of heterogeneous catalysts, Marcel Dekker</li> <li>• C.H. Bartholomew, R.J. Farrauto: Fundamentals of Industrial Catalytic Processes (2nd Ed.), Wiley</li> </ul>   |

| <b>Lehrveranstaltung L0534: Modern Methods in Heterogeneous Catalysis</b> |                                    |
|---|------------------------------------|
| <b>Typ</b>  | Laborpraktikum                     |
| <b>SWS</b>  | 2                                  |
| <b>LP</b>   | 2                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Raimund Horn                 |
| <b>Sprachen</b>   | EN                                 |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe                               |
| <b>Inhalt</b>   | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

| Modul M0906: Numerical Simulation and Lagrangian Transport      |  |
|---|--|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                                      |  |
| <b>Titel</b>  | <b>Typ</b> <b>SWS</b> <b>LP</b>  |
| Lagrangescher Transport in turbulenten Strömungen (L2301)       | Vorlesung                      2                      3  |
| Numerische Strömungssimulation - Übung mit OpenFoam (L1375)     | Gruppenübung                      1                      1   |
| Numerische Strömungssimulation in der Verfahrenstechnik (L1052) | Vorlesung                      2                      2  |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                                    | Prof. Michael Schlüter   |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                                | None   |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematics I-IV</li> <li>• Basic knowledge in Fluid Mechanics</li> <li>• Basic knowledge in chemical thermodynamics</li> </ul>   |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>                   | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |
| <b>Fachkompetenz</b>  | <p>After successful completion of the module the students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• explain the the basic principles of statistical thermodynamics (ensembles, simple systems)</li> <li>• describe the main approaches in classical Molecular Modeling (Monte Carlo, Molecular Dynamics) in various ensembles</li> <li>• discuss examples of computer programs in detail,</li> <li>• evaluate the application of numerical simulations,</li> <li>• list the possible start and boundary conditions for a numerical simulation.</li> </ul> |
| <i>Wissen</i>   |  |
| <b>Fertigkeiten</b>   | <p>The students are able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• set up computer programs for solving simple problems by Monte Carlo or molecular dynamics,</li> <li>• solve problems by molecular modeling,</li> <li>• set up a numerical grid,</li> <li>• perform a simple numerical simulation with OpenFoam,</li> <li>• evaluate the result of a numerical simulation.</li> </ul>   |
| <i>Fertigkeiten</i>   |  |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                                    | <p>The students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• develop joint solutions in mixed teams and present them in front of the other students,</li> <li>• to collaborate in a team and to reflect their own contribution toward it.</li> </ul>   |
| <i>Sozialkompetenz</i>  |  |
| <b>Selbstständigkeit</b>  | <p>The students are able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• evaluate their learning progress and to define the following steps of learning on that basis,</li> <li>• evaluate possible consequences for their profession.</li> </ul>   |
| <i>Selbstständigkeit</i>  |  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                | Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70  |
| <b>Leistungspunkte</b>  | 6  |
| <b>Studienleistung</b>  | Keine  |
| <b>Prüfung</b>  | Mündliche Prüfung  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                                | 30 min   |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>                         | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Energie- und Umwelttechnik: Vertiefung Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht  |

|  |
|--|
| Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht |
|--|

**Lehrveranstaltung L2301: Lagrangian transport in turbulent flows**

|                                  |                                    |
|----------------------------------|------------------------------------|
| <b>Typ</b>                       | Vorlesung                          |
| <b>SWS</b>                       | 2                                  |
| <b>LP</b>                        | 3                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b> | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28 |
| <b>Dozenten</b>                  | Dr. Alexandra von Kameke           |
| <b>Sprachen</b>                  | EN                                 |
| <b>Zeitraum</b>                  | SoSe                               |
| <b>Inhalt</b>                    |                                    |
| <b>Literatur</b>                 |                                    |

**Lehrveranstaltung L1375: Computational Fluid Dynamics - Exercises in OpenFoam**

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| <b>Typ</b>                       | Gruppenübung   |
| <b>SWS</b>                       | 1  |
| <b>LP</b>                        | 1  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b> | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14   |
| <b>Dozenten</b>                  | Prof. Michael Schlüter   |
| <b>Sprachen</b>                  | EN   |
| <b>Zeitraum</b>                  | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• generation of numerical grids with a common grid generator</li> <li>• selection of models and boundary conditions</li> <li>• basic numerical simulation with OpenFoam within the TUHH CIP-Pool</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>                 | OpenFoam Tutorials (StudIP)  |

| <b>Lehrveranstaltung L1052: Computational Fluid Dynamics in Process Engineering</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Michael Schlüter   |
| <b>Sprachen</b>   | EN   |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction into partial differential equations</li> <li>• Basic equations</li> <li>• Boundary conditions and grids</li> <li>• Numerical methods</li> <li>• Finite difference method</li> <li>• Finite volume method</li> <li>• Time discretisation and stability</li> <li>• Population balance</li> <li>• Multiphase Systems</li> <li>• Modeling of Turbulent Flows</li> <li>• Exercises: Stability Analysis</li> <li>• Exercises: Example on CFD - analytically/numerically</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>  | <p>Paschedag A.R.: CFD in der Verfahrenstechnik: Allgemeine Grundlagen und mehrphasige Anwendungen, Wiley-VCH, 2004 ISBN 3-527-30994-2.</p> <p>Ferziger, J.H.; Peric, M.: Numerische Strömungsmechanik. Springer-Verlag, Berlin, 2008, ISBN: 3540675868.</p> <p>Ferziger, J.H.; Peric, M.: Computational Methods for Fluid Dynamics. Springer, 2002, ISBN 3-540-42074-6</p>  |

| Modul M0633: Industrial Process Automation    |   |               |                                |                     |
|---|---|---------------|--------------------------------|---------------------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                    |   |               |                                |                     |
| <b>Titel</b>                                  |   | <b>Typ</b>    | <b>SWS</b>                     | <b>LP</b>           |
| Prozessautomatisierungstechnik (L0344)        |   | Vorlesung     | 2                              | 3                   |
| Prozessautomatisierungstechnik (L0345)        |   | Gruppenübung  | 2                              | 3                   |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                  | Prof. Alexander Schlaefer   |               |                                |                     |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>              | None  |               |                                |                     |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>               | mathematics and optimization methods<br>principles of automata<br>principles of algorithms and data structures<br>programming skills  |               |                                |                     |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht   |               |                                |                     |
| <b>Fachkompetenz</b>                          | <p>The students can evaluate and assess discrete event systems. They can evaluate properties of processes and explain methods for process analysis. The students can compare methods for process modelling and select an appropriate method for actual problems. They can discuss scheduling methods in the context of actual problems and give a detailed explanation of advantages and disadvantages of different programming methods. The students can relate process automation to methods from robotics and sensor systems as well as to recent topics like 'cyberphysical systems' and 'industry 4.0'.</p> <p>The students are able to develop and model processes and evaluate them accordingly. This involves taking into account optimal scheduling, understanding algorithmic complexity, and implementation using PLCs.</p> <p>The students work in teams to solve problems.</p> <p>The students can reflect their knowledge and document the results of their work.</p>   |               |                                |                     |
| <i>Wissen</i>                                 |   |               |                                |                     |
| <i>Fertigkeiten</i>                           |   |               |                                |                     |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                  |   |               |                                |                     |
| <i>Sozialkompetenz</i>                        |   |               |                                |                     |
| <i>Selbstständigkeit</i>                      |   |               |                                |                     |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>              | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56   |               |                                |                     |
| <b>Leistungspunkte</b>                        | 6   |               |                                |                     |
| <b>Studienleistung</b>                        | <b>Verpflichtend</b>  | <b>Anteil</b> | <b>Art der Studienleistung</b> | <b>Beschreibung</b> |
|   | Nein  | 10 %          | Übungsaufgaben                 |                     |
| <b>Prüfung</b>                                | Klausur   |               |                                |                     |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>              | 90 Minuten  |               |                                |                     |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>       | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Computer Science: Vertiefung II. Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht<br>Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht<br>Flugzeug-Systemtechnik: Vertiefung Kabinensysteme: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Mechatronik: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht<br>Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Mechatronik: Wahlpflicht<br>Mechatronik: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht |               |                                |                     |

| <b>Lehrveranstaltung L0344: Industrial Process Automation</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                              | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Alexander Schlaefer   |
| <b>Sprachen</b>   | EN  |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- foundations of problem solving and system modeling, discrete event systems</li> <li>- properties of processes, modeling using automata and Petri-nets</li> <li>- design considerations for processes (mutex, deadlock avoidance, liveness)</li> <li>- optimal scheduling for processes</li> <li>- optimal decisions when planning manufacturing systems, decisions under uncertainty</li> <li>- software design and software architectures for automation, PLCs</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>  | <p>J. Lunze: „Automatisierungstechnik“, Oldenbourg Verlag, 2012<br/>                     Reisig: Petrinetze: Modellierungstechnik, Analysemethoden, Fallstudien; Vieweg+Teubner 2010<br/>                     Hrúz, Zhou: Modeling and Control of Discrete-event Dynamic Systems; Springer 2007<br/>                     Li, Zhou: Deadlock Resolution in Automated Manufacturing Systems, Springer 2009<br/>                     Pinedo: Planning and Scheduling in Manufacturing and Services, Springer 2009</p>  |

| <b>Lehrveranstaltung L0345: Industrial Process Automation</b> |                                    |
|---|------------------------------------|
| <b>Typ</b>  | Gruppenübung                       |
| <b>SWS</b>  | 2                                  |
| <b>LP</b>   | 3                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                              | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28 |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Alexander Schlaefer          |
| <b>Sprachen</b>   | EN                                 |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe                               |
| <b>Inhalt</b>   | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

| Modul M0899: Synthese und Auslegung industrieller Anlagen |  |            |           |
|---|--|------------|-----------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                                |  |            |           |
| <b>Titel</b>  | <b>Typ</b>   | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
| Synthese und Auslegung industrieller Anlagen (L1048)      | Vorlesung  | 1          | 2         |
| Synthese und Auslegung industrieller Anlagen (L1977)      | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung   | 3          | 4         |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                              | Prof. Mirko Skiborowski  |            |           |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                          | Keine  |            |           |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                           | Inhalte der Module:<br>Prozess- und Anlagentechnik I und II<br>Thermische Grundoperationen<br>Wärme- und Stoffübertragung<br>CAPE (unbedingt!)   |            |           |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>             | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |            |           |
| <b>Fachkompetenz</b>                                      | Studierende können nach der Teilnahme am Modul "Synthese und Auslegung industrieller Anlagen"  |            |           |
| <i>Wissen</i>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- die Grundbausteine bei der Auslegung einer verfahrenstechnischen Anlage wiedergeben</li> <li>- die einzelnen Phasen der Auslegung auflisten und erklären</li> <li>- die Methoden für Energie, Massenbilanzen sowie Kostenberechnung beschreiben und erklären</li> <li>- die Grundzüge des Prozessführungskonzepts und der Prozessoptimierung erläutern und diskutieren</li> </ul>   |            |           |
| <i>Fertigkeiten</i>                                       | Studierende sind nach der Teilnahme am Modul "Synthese und Auslegung industrieller Anlagen" in der Lage  |            |           |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Auslegung einzelner Unit Operations durchzuführen und auszuwerten</li> <li>- die einzelnen Unit Operations miteinander so zu verknüpfen, dass daraus eine vollständige verfahrenstechnische Anlage geplant werden kann</li> <li>- die Methoden der Kostenrechnung anzuwenden und auf dieser Basis die Herstellkosten zu berechnen</li> <li>- die einzelnen Apparate in Form eines RI-Fliessbildes umzusetzen</li> <li>- für eine Produktionsanlage eine sicherheitstechnische, prozessführungstechnische Beurteilung durchzuführen</li> <li>- eine abschliessende Optimierung des Prozesses umzusetzen</li> </ul> |            |           |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                              | - Die Studierenden sind in der Lage, selbständig und eigenverantwortlich die Folge ihres beruflichen Handelns einzuschätzen  |            |           |
| <i>Sozialkompetenz</i>                                    |  |            |           |
| <i>Selbstständigkeit</i>                                  | - durch die detaillierte Betrachtung eines ganzen Produktionsprozesses wird das eigenständige und verantwortliche Handeln auf allen Prozessebenen unterstützt  |            |           |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                          | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56  |            |           |
| <b>Leistungspunkte</b>                                    | 6  |            |           |

|   |   |
|---|---|
| <b>Studienleistung<br/>Prüfung</b>          | Keine<br>Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>            | Engineering Handbook und mündliche Prüfung (20 min)   |
| <b>Zuordnung zu folgenden<br/>Curricula</b> | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht |

| <b>Lehrveranstaltung L1048: Synthese und Auslegung industrieller Anlagen</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>   | 1   |
| <b>LP</b>  | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in<br/>Stunden</b>   | Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14  |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Mirko Skiborowski, Dr. Thomas Waluga  |
| <b>Sprachen</b>  | DE/EN   |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>  | Aufgabenstellung<br>Einführung in Auslegung und Analyse industrieller Anlagen<br>Diskussion des Prozesses und Erstellung des Flowsheets<br>Berechnung der Massenbilanz<br>Berechnung der Energiebilanz<br>Auslegung der Equipment-Bestandteile<br>Berechnung der Investitionskosten<br>Berechnung der Herstellkosten<br>Prozessführung und Sicherheitsanalyse   |
| <b>Literatur</b>   | Richard Turton; Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes:International Edition<br>Harry Silla; Chemical Process Engineering: Design And Economics<br>Coulson and Richardson's Chemical Engineering, Volume 6, Second Edition: Chemical Engineering Design<br>Lorenz T. Biegler;Systematic Methods of Chemical Process Design<br>Max S. Peters, Klaus Timmerhaus; Plant Design and Economics for Chemical Engineers<br>James Douglas; Conceptual Design of Chemical Processes<br>Robin Smith; Chemical Process: Design and Integration<br>Warren D. Seider; Process design principles, synthesis analysis and evaluation |

| <b>Lehrveranstaltung L1977: Synthese und Auslegung industrieller Anlagen</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung   |
| <b>SWS</b>   | 3  |
| <b>LP</b>  | 4  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42   |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Mirko Skiborowski, Dr. Thomas Waluga   |
| <b>Sprachen</b>  | DE/EN  |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>  | <p>Einführung in Auslegung und Analyse industrieller Anlagen<br/>                     Diskussion des Prozesses und Erstellung des Flowsheets<br/>                     Berechnung der Massenbilanz<br/>                     Berechnung der Energiebilanz<br/>                     Auslegung der Equipment-Bestandteile<br/>                     Berechnung der Investitionskosten<br/>                     Berechnung der Herstellkosten<br/>                     Prozessführung und Sicherheitsanalyse</p>   |
| <b>Literatur</b>   | <p>Richard Turton; Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes:International Edition<br/>                     Harry Silla; Chemical Process Engineering: Design And Economics<br/>                     Coulson and Richardson's Chemical Engineering, Volume 6, Second Edition: Chemical Engineering Design<br/>                     Lorenz T. Biegler;Systematic Methods of Chemical Process Design<br/>                     Max S. Peters, Klaus Timmerhaus; Plant Design and Economics for Chemical Engineers<br/>                     James Douglas; Conceptual Design of Chemical Processes<br/>                     Robin Smith; Chemical Process: Design and Integration<br/>                     Warren D. Seider; Process design principles, synthesis analysis and evaluation</p> |

## Modul M0900: Ausgewählte Prozesse der Feststoffverfahrenstechnik

### Lehrveranstaltungen

| Titel  | Typ            | SWS | LP |
|--|----------------|-----|----|
| Grundlagen der Wirbelschichttechnologie (L0431)        | Vorlesung      | 2   | 2  |
| Praktikum Wirbelschichttechnologie (L1369)             | Laborpraktikum | 1   | 1  |
| Technische Anwendungen der Partikeltechnologie (L0955) | Vorlesung      | 2   | 2  |
| Übungen zur Wirbelschichttechnologie (L1372)           | Gruppenübung   | 1   | 1  |

|                              |                       |
|------------------------------|-----------------------|
| <b>Modulverantwortlicher</b> | Prof. Stefan Heinrich |
|------------------------------|-----------------------|

|                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b> | Keine |
|----------------------------------|-------|

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b> | Kenntnisse aus dem Modul Partikeltechnologie I |
|---------------------------------|--|

|   |   |
|---|---|
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
|---|---|

|                      |  |
|----------------------|--|
| <b>Fachkompetenz</b> | Nach Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, beispielhaft die Zusammenstellung von Prozessen der Feststoffverfahrenstechnik aus Apparaten und Verfahren der Partikeltechnologie zu beschreiben und das Zusammenwirken einzelner Teilprozesse in einem Gesamtprozess erläutern. |
|----------------------|--|

*Wissen*

|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>Fachkompetenz</b> | Die Studierenden sind in der Lage, Aufgabenstellungen in der Feststoffverfahrenstechnik zu analysieren und geeignete Prozessketten zusammenzustellen. |
|----------------------|---|

*Fertigkeiten*

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>Personale Kompetenzen</b> |  |
|------------------------------|--|

*Sozialkompetenz*

Studierende sind in der Lage fachspezifische Inhalte in wissenschaftlicher Weise zu diskutieren.

*Selbstständigkeit*

Studierende sind dazu in der Lage fachspezifisches Wissen selbstständig zu vertiefen und in wissenschaftlicher Weise zu diskutieren.

|                                  |                                    |
|----------------------------------|------------------------------------|
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b> | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84 |
|----------------------------------|------------------------------------|

|                        |   |
|------------------------|---|
| <b>Leistungspunkte</b> | 6 |
|------------------------|---|

| Studienleistung | Verpflichtendes<br>Examen | Art der Studienleistung   | Beschreibung  |
|-----------------|---------------------------|---------------------------|---|
| Ja              | Keiner                    | Schriftliche Ausarbeitung | drei Berichte (pro Versuch ein Bericht) à 5-10 Seiten |

|                |         |
|----------------|---------|
| <b>Prüfung</b> | Klausur |
|----------------|---------|

|                                  |             |
|----------------------------------|-------------|
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b> | 120 Minuten |
|----------------------------------|-------------|

|   |  |
|---|--|
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b> | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Energie- und Umwelttechnik: Vertiefung Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht |
|---|--|

| <b>Lehrveranstaltung L0431: Fluidization Technology</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                        | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Stefan Heinrich  |
| <b>Sprachen</b>   | EN   |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>   | Introduction: definition, fluidization regimes, comparison with other types of gas/solids reactors<br>Typical fluidized bed applications<br>Fluidmechanical principle<br>Local fluid mechanics of gas/solid fluidization<br>Fast fluidization (circulating fluidized bed)<br>Entrainment<br>Solids mixing in fluidized beds<br>Application of fluidized beds to granulation and drying processes |
| <b>Literatur</b>  | Kunii, D.; Levenspiel, O.: Fluidization Engineering. Butterworth Heinemann, Boston, 1991.  |

| <b>Lehrveranstaltung L1369: Practical Course Fluidization Technology</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Laborpraktikum  |
| <b>SWS</b>   | 1   |
| <b>LP</b>  | 1   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14  |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Stefan Heinrich   |
| <b>Sprachen</b>  | EN  |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>  | Experiments: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determination of the minimum fluidization velocity</li> <li>• heat transfer</li> <li>• granulation</li> <li>• drying</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>   | Kunii, D.; Levenspiel, O.: Fluidization Engineering. Butterworth Heinemann, Boston, 1991.   |

| <b>Lehrveranstaltung L0955: Technische Anwendungen der Partikeltechnologie</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Werner Sitzmann  |
| <b>Sprachen</b>  | DE   |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>  | Auf der Basis physikalischer Grundlagen werden die Grundoperationen Mischen, Trennen, Agglomerieren und Zerkleinern hinsichtlich ihrer technischen Anwendung aus Sicht des Praktikers diskutiert. Es werden Maschinen und Apparate vorgestellt, deren Aufbau und Wirkungsweise erklärt und ihre Einbindung in Produktionsprozesse der Chemie, der Lebens- und Futtermitteltechnik sowie der Entsorgungs- und Recyclingindustrie veranschaulicht. |
| <b>Literatur</b>   | Stieß M: Mechanische Verfahrenstechnik I und II, Springer - Verlag, 1997   |

| <b>Lehrveranstaltung L1372: Exercises in Fluidization Technology</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Gruppenübung  |
| <b>SWS</b>   | 1   |
| <b>LP</b>  | 1   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                     | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14  |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Stefan Heinrich   |
| <b>Sprachen</b>  | EN  |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>  | Exercises and calculation examples for the lecture Fluidization Technology                |
| <b>Literatur</b>   | Kunii, D.; Levenspiel, O.: Fluidization Engineering. Butterworth Heinemann, Boston, 1991. |

| M o d u l M1033: Sondergebiete der Verfahrenstechnik und Bioverfahrenstechnik |  |            |           |
|---|--|------------|-----------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>  |  |            |           |
| <b>Titel</b>  | <b>Typ</b>   | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
| Chemische Kinetik (L0508)   | Vorlesung  | 2          | 2         |
| Feststoffverfahrenstechnik in der chemischen Industrie (L2021)                | Vorlesung  | 2          | 2         |
| Grenzflächen und Kolloide (L0194)   | Vorlesung  | 2          | 2         |
| Industrielle Anorganische und Organische Prozesse (L0531)                     | Vorlesung  | 2          | 2         |
| Industrielle Biotechnologie in der Chemischen Industrie (L2276)               | Vorlesung  | 2          | 3         |
| Optik für Ingenieure (L2437)  | Vorlesung  | 2          | 2         |
| Optik für Ingenieure (L2438)  | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung   | 2          | 2         |
| Polymerisationstechnik (L1244)  | Vorlesung  | 2          | 2         |
| Praxis in der Bioverfahrenstechnik (L2275)                                    | Vorlesung  | 2          | 3         |
| Sicherheit chemischer Reaktionen (L1321)                                      | Vorlesung  | 2          | 2         |
| Technologie keramischer Werkstoffe (L0379)                                    | Vorlesung  | 2          | 3         |
| Umweltanalytik (L0354)  | Vorlesung  | 2          | 3         |
| <b>Modulverantwortlicher</b>  | Prof. Michael Schlüter   |            |           |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>  | Keine  |            |           |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>   | Die Studierenden sollten die Bachelor-Veranstaltungen "Verfahrenstechnik" erfolgreich absolviert haben.  |            |           |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>                                 | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |            |           |
| <b>Fachkompetenz</b>  | Die Studierenden sind in der Lage, ausgewählte verfahrenstechnische Spezialgebiete innerhalb der Verfahrenstechnik zu verorten.  |            |           |
| <i>Wissen</i>   | Die Studierenden können in ausgewählten verfahrenstechnischen Teilbereichen grundlegende technische Zusammenhänge und Modelle erklären.  |            |           |
| <i>Fertigkeiten</i>   | Die Studierenden können in ausgewählten verfahrenstechnischen Teilbereichen grundlegende Methoden anwenden.  |            |           |
| <b>Personale Kompetenzen</b>  |  |            |           |
| <i>Sozialkompetenz</i>  |  |            |           |
| <i>Selbstständigkeit</i>  | Studierende können selbstständig auswählen, welche Kenntnisse und Fähigkeiten sie durch die Wahl der geeigneten Fächer vertiefen.  |            |           |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen  |            |           |
| <b>Leistungspunkte</b>  | 6  |            |           |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>                                       | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht |            |           |

| <b>Lehrveranstaltung L0508: Chemical Kinetics</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Prüfungsart</b>                                | Klausur  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                  | 120 Minuten  |
| <b>Dozenten</b>                                   | Prof. Raimund Horn   |
| <b>Sprachen</b>                                   | EN   |
| <b>Zeitraum</b>                                   | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Micro kinetics, formal kinetics, molecularity, reaction order, integrated rate laws</li> <li>- Complex reactions, reversible reactions, consecutive reactions, parallel reactions, approximation methods: steady-state, pseudo-first order, numerical solution of rate equations , example : Belousov-Zhabotinskii reaction</li> <li>- Experimental methods of kinetics, integral approach, differential approach, initial rate method, method of half-life, relaxation methods</li> <li>- Collision theory, Maxwell velocity distribution, collision numbers, line of centers model</li> <li>- Transition state theory, partition functions of atoms and molecules, examples, calculating reaction equilibria on the basis of molecular data only, heats of reaction, calculating rates of reaction by means of statistical thermodynamics</li> <li>- Kinetics of heterogeneous reactions, peculiarities of heterogeneous reactions, mean-field approximation, Langmuir adsorption isotherm, reaction mechanisms, Langmuir-Hinshelwood Mechanism, Eley-Rideal Mechanism, steady-state approximation, quasi-equilibrium approximation, most abundant reaction intermediate (MARI), reaction order, apparent activation energy, example: CO oxidation, transition state theory of surface reactions, Sabatier´s principle, sticking coefficient, parameter fitting</li> <li>- Explosions, cold flames</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>                                  | <p>J. I. Steinfeld, J. S. Francisco, W. L . Hase: Chemical Kinetics &amp; Dynamics, Prentice Hall</p> <p>K. J. Laidler: Chemical Kinetics, Harper &amp; Row Publishers</p> <p>R. K. Masel. Chemical Kinetics &amp; Catalysis , Wiley</p> <p>I. Chorkendorff,, J. W. Niemantsverdriet: Concepts of modern Catalysis and Kinetics, Wiley</p>   |

| <b>Lehrveranstaltung L2021: Feststoffverfahrenstechnik in der chemischen Industrie</b> |                                    |
|--|------------------------------------|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung                          |
| <b>SWS</b>   | 2                                  |
| <b>LP</b>  | 2                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| <b>Prüfungsart</b>   | Schriftliche Ausarbeitung          |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>   | 12 Seiten                          |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Frank Kleine Jäger           |
| <b>Sprachen</b>  | DE                                 |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe                               |
| <b>Inhalt</b>  |                                    |
| <b>Literatur</b>   |                                    |

| <b>Lehrveranstaltung L0194: Grenzflächen und Kolloide</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                          | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Prüfungsart</b>  | Schriftliche Ausarbeitung  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                          | 1 Stunde   |
| <b>Dozenten</b>   | Dr. Philip Jaeger  |
| <b>Sprachen</b>   | DE/EN  |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>   | 1. Grundlagen von Phasengrenzen 1.1 Thermodynamik von Phasengrenzen 1.2 Tenside 1.3 Grenzflächenspannung 1.4 Benetzung, Adhesion 2. Dispersionen 2.1 Tropfenbildung 2.2 Stabilisierung 2.3 Eigenschaften 2.4 Rheologie 2.5 Mikroemulsionen 3. Transportphänomene 3.1 Stofftransport über fluide Phasengrenzen 3.2 Grenzflächenkonvektion - Marangonikonvektion 3.3 Einfluss von Tensiden 4. Anwendungen 4.1 Lebensmittlemulsionen 4.2 Tertiäre Erdölförderung 4.3 Beschichtung 4.4 Trenntechnik 4.5 Nukleation 4.6 Neue Entwicklungen  |
| <b>Literatur</b>  | A.W. Adamson: Physical Chemistry of Surfaces, 5th ed., J. Wiley & Sons New York, 1990. P. Becher : Emulsions - Theory and Practice, 1965. P. Becher : Encyclopedia of Emulsion Technology, Vol. 1, Dekker New York, 1983. S.S. Dukhin, G. Kretzschmar, R. Miller: Dynamics of Adsorption at Liquid Interfaces, Elsevier Amsterdam, 1995. D.J. McClements: Food Emulsions - Principle, Practices and Techniques, 2nd ed., CRC Press Boca Raton, 2005. D. Myers: Surfaces, Interfaces and Colloids, VCH-Verlagsgesellschaft Weinheim, 1991. P. Sherman: Emulsion Science, 1968. J. Lyklema: Fundamentals of Interface and Colloid Science, Vol. III, Academic Press London, 2000. A.I. Rusanov: Phasengleichgewichte und Grenzflächenerscheinungen, Akademie Verlag, Berlin 1978. P. C. Hiemenz, R. Rajagopalan: Principles of Colloid and Surface Chemistry, 3rd ed. Marcel Dekker, New York 1997. P. Grassmann: Physikalische Grundlagen der Verfahrenstechnik, Verlag Salle und Sauerländer, 1983. M.J. Schwuger: Lehrbuch der Grenzflächenchemie, Thieme Verlag, 1996. |

| <b>Lehrveranstaltung L0531: Industrielle Anorganische und Organische Prozesse</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Prüfungsart</b>  | Klausur   |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>  | 45 Minuten  |
| <b>Dozenten</b>   | Dr. Achim Bartsch   |
| <b>Sprachen</b>   | DE  |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>   | <p>Um den Hörer auf sein voraussichtliches späteres Betätigungsfeld vorzubereiten, soll ein Überblick und ein Verständnis des Stoffverbundes der Chemischen Industrie vermittelt werden.</p> <p>Die Übersichts-Vorlesung behandelt die Geschichte, wirtschaftliche Bedeutung, technische Anwendung und detailliert die Haupt-Herstellungsverfahren der wichtigsten industriellen Chemieprodukte. Dabei werden ebenso Kenntnisse über Vorkommen von Rohstoffen, ökologischen Konsequenzen, sowie über Energie- und Rohstoffverbrauch vermittelt.</p> <p>Aus der Anorganische Chemie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* anorganische Grundprodukte</li> <li>* mineralische Dünger</li> <li>* Metalle und ihre Verbindungen</li> <li>* Halbleiter und Technologieverbindungen</li> <li>* anorganische Feststoffe (Baustoffe, Keramiken, Fasern, Pigmente...)</li> </ul> <p>und andere anorganische Produkte</p> <p>...</p> <p>Aus der Organische Chemie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Basischemikalien für die organische Synthese (Synthesegas, C1-Verbindungen...)</li> <li>* Herstellung und Verarbeitung von Olefinen, Alkoholen, Kohlenwasserstoffe, Aromaten</li> <li>* Verarbeitung von Erdöl</li> <li>* Tenside und Waschmittel</li> <li>* Oleochemische Produkte und Verfahren</li> <li>* Organische Polymere</li> </ul> <p>und andere organische Produkte</p> |
| <b>Literatur</b>  | <p>Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley online library 2014</p> <p>M. Bertau, A. Müller, P. Fröhlich und M. Katzberg: Industrielle Anorganische Chemie, Wiley-VCH 2013</p> <p>Hans-Jürgen Arpe: Industrielle Organische Chemie, Wiley-VCH 2007</p>   |

| <b>Lehrveranstaltung L2276: Industrial biotechnology in Chemical Industry</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28   |
| <b>Prüfungsart</b>  | Referat  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>  | 45 min   |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Andreas Liese, Dr. Stephan Freyer  |
| <b>Sprachen</b>   | EN   |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>   | This course gives an insight into the applications, processes, structures and boundary conditions in industrial practice. Various concrete applications of the technology, markets and other questions that will significantly influence the plant and process design will be shown.   |
| <b>Literatur</b>  | <p>Chmiel H (ed). Bioprozesstechnik, Springer 2011, ISBN: 978-3-8274-2476-1 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen]</p> <p>Bailey, James and David F. Ollis: Biochemical Engineering Fundamentals. -2nd ed.; New York: McGraw Hill, 1986.</p> <p>Becker, Th. et al. (2008) Biotechnology. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract">http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract</a></p> <p>Doran, Pauline M.: Bioprocess Engineering Principles, Academic Press, 2003</p> <p>Hass, V. und R. Pörtner: Praxis der Bioprozesstechnik. Spektrum Akademischer Verlag (2011), 2. Auflage</p> <p>Krahe M (2003) Biochemical Engineering. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html">http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html</a></p> <p>Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts</p> |

| <b>Lehrveranstaltung L2437: Optics for Engineers</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>   | 2   |
| <b>LP</b>  | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                     | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Prüfungsart</b>                                   | Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit   |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                     | Vorstellung eines eigenen Optikentwurfs mit anschließender Diskussion, 10 Minuten<br>Vorstellung + maximal 20 Minuten Diskussion  |
| <b>Dozenten</b>                                      | Prof. Thorsten Kern   |
| <b>Sprachen</b>                                      | EN  |
| <b>Zeitraum</b>                                      | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic values for optical systems and lighting technology</li> <li>• Spectrum, black-bodies, color-perception</li> <li>• Light-Sources and their characterization</li> <li>• Photometrics</li> <li>• Ray-Optics</li> <li>• Matrix-Optics</li> <li>• Stops, Pupils and Windows</li> <li>• Light-field Technology</li> <li>• Introduction to Wave-Optics</li> <li>• Introduction to Holography</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>                                     |   |

| <b>Lehrveranstaltung L2438: Optics for Engineers</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung   |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                     | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Prüfungsart</b>                                   | Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                     | Vorstellung eines eigenen Optikentwurfs mit anschließender Diskussion, 10 Minuten<br>Vorstellung + maximal 20 Minuten Diskussion |
| <b>Dozenten</b>                                      | Prof. Thorsten Kern  |
| <b>Sprachen</b>                                      | EN   |
| <b>Zeitraum</b>                                      | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>                                     | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

| <b>Lehrveranstaltung L1244: Polymerisationstechnik</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                       | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Prüfungsart</b>                                     | Schriftliche Ausarbeitung  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                       | 1 Stunde   |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Hans-Ulrich Moritz   |
| <b>Sprachen</b>  | DE   |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>  | <p>Einführung (Klassifizierung von Polymeren, Polyreaktionen, Polymerisationsverfahren und -reaktoren, Anwendungsgebiete von Polymeren, Struktur und Bedeutung der Kunststoffindustrie, Entscheidungsbaum für die Herstellung eines Polymeren, Product by Process)</p> <p>Radikalische Polymerisation (Kinetik der freien radikalischen Polymerisation (Ideal- und Real-Kinetik), Monomere, Initiatoren, Kettenregler, Inhibitoren, Modellierung von Gel- und Glaseffekt, Berechnung von Molmassenverteilungen, Bestimmung von Geschwindigkeitskonstanten, kontrollierte radikalische Polymerisationen)</p> <p>Koordinative Polymerisation (Monomere, Ziegler-Katalysatoren, Cossee-Arlmann-Mechanismus, Phillips-Katalysatoren, Metallocen-Katalysatoren, stereoselektive Synthese von Polymeren)</p> <p>Polyolefinverfahren (Herstellung von LDPE, LLDPE, HDPE, PP und Copolymere, Diskussion unterschiedlicher Herstellverfahren und Auswirkungen auf die Produkteigenschaften und die Anwendungsbereiche)</p> <p>Ionische Polymerisation (Anionische u. kationische Polymerisationen, Initiatoren, Kinetik der lebenden Polymerisation, Vergleich der Molmassenverteilungen mit der radikalischen Polymerisation, Copolymere, Di- und Tri-Block-Copolymere, Eigenschaften, Anwendungsbereiche)</p> <p>Polyreaktionen mit Polymerverknüpfung (Monomere, Polyaddition, Polykondensation, Kinetik und Molmassenverteilungen, ausgewählte wirtschaftlich relevante Beispiele für Herstellverfahren, PET, Nylon, PUR usw., Eigenschaften und Anwendungsbereiche)</p> <p>Copolymerisation (Struktureller Aufbau von Copolymeren, Kinetik, chemische Zusammensetzungsverteilung und Sequenzlängenverteilung (momentan und kumulativ), gezielte Einstellung von Eigenschaften, technisch relevante Beispiele)</p> <p>Emulsionspolymerisation (Klassifizierung heterogener Polymerisationsverfahren, Besonderheiten der Kinetik und Thermodynamik der Emulsionspolymerisation, Saafahrweise, Vor- und Nachteile technischer Semibatch-Prozesse, Einflüsse auf die Latexpartikelmorphologie, Eigenschaften und exemplarische Herstellverfahren u. Anwendungsgebiete)</p> <p>Besondere Herausforderungen bei der technischen Umsetzung von Polyreaktionen</p> |

|                  |  |
|------------------|--|
|                  | <p>(Viskositätsanstieg, Wandbelagsbildung, Wärmeabfuhrprobleme, Maßstabsübertragung, chemische Sicherheitstechnik von Polyreaktionen, Thermodynamik homogener und heterogener Polymerisationssysteme, Modellierung von Polyreaktionen u. Polymerisationsreaktoren)</p> <p>Wettbewerbsfaktoren in der Polymerindustrie (Ausgewählte wirtschaftliche Problemstellungen der Polymerindustrie für Deutschland, EU, Welt, Schwerpunkte: Zusammensetzung der Herstellkosten, Rolle der F&amp;E, Verbundproduktion, Marketingaspekte)</p> |
| <b>Literatur</b> | <p>W. Keim: Kunststoffe - Synthese, Herstellungsverfahren, Apparaturen, 1. Auflage, Wiley-VCH, 2006</p> <p>T. Meyer, J. Keurentjes: Handbook of Polymer Reaction Engineering, 2 Vol., 1. Ed., Wiley-VCH, 2005</p> <p>A. Echte: Handbuch der technischen Polymerchemie, 1. Auflage, VCH-Verlagsgesellschaft, 1993</p> <p>G. Odian: Principles of Polymerization, 4. Ed., Wiley-Interscience, 2004</p> <p>J. Asua: Polymer Reaction Engineering, 1. Ed., Blackwell Publishing, 2007</p>  |

| Lehrveranstaltung L2275: Practice in bioprocess engineering |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                            | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28   |
| <b>Prüfungsart</b>  | Referat  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                            | 45 min   |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. An-Ping Zeng, Prof. Ralf Pörtner, Dr. Willfried Blümke   |
| <b>Sprachen</b>   | EN   |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>   | Content of this course is a concrete insight into the principles, processes and structures of an industrial biotechnology company. In addition to practical illustrative examples, aspects beyond the actual process engineering area are also addressed, such as e.g. Sustainability and engineering.   |
| <b>Literatur</b>  | <p>Chmiel H (ed). Bioprozesstechnik, Springer 2011, ISBN: 978-3-8274-2476-1 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen]</p> <p>Bailey, James and David F. Ollis: Biochemical Engineering Fundamentals. -2nd ed.; New York: McGraw Hill, 1986.</p> <p>Becker, Th. et al. (2008) Biotechnology. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract">http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract</a></p> <p>Doran, Pauline M.: Bioprocess Engineering Principles, Academic Press, 2003</p> <p>Hass, V. und R. Pörtner: Praxis der Bioprozesstechnik. Spektrum Akademischer Verlag (2011), 2. Auflage</p> <p>Krahe M (2003) Biochemical Engineering. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html">http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html</a></p> <p>Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts</p> |

| <b>Lehrveranstaltung L1321: Sicherheit chemischer Reaktionen</b> |                                    |
|--|------------------------------------|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung                          |
| <b>SWS</b>   | 2                                  |
| <b>LP</b>  | 2                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                 | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| <b>Prüfungsart</b>   | Klausur                            |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                                 |                                    |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Hans-Ulrich Moritz           |
| <b>Sprachen</b>  | DE                                 |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe                               |
| <b>Inhalt</b>  |                                    |
| <b>Literatur</b>   |                                    |

| <b>Lehrveranstaltung L0379: Technologie keramischer Werkstoffe</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                   | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28   |
| <b>Prüfungsart</b>   | Klausur  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                                   | 90 Minuten   |
| <b>Dozenten</b>  | Dr. Rolf Janßen  |
| <b>Sprachen</b>  | DE/EN  |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>  | <p>In dieser Vorlesung wird eine Einführung in die keramische Prozeßtechnologie gegeben, wobei der Schwerpunkt auf Struktur- und Funktionskeramiken liegt. Beginnend bei den Verfahren zur Synthese feiner Pulver wird Schritt für Schritt der Weg vom Rohstoff zum maßgeschneiderten Bauteil aufgezeigt und anhand von Beispielen aus der Praxis demonstriert. Neben etablierten Herstellungsverfahren werden dabei auch neue Methoden zur schnellen und kostengünstigen Herstellung von Hochleistungsbauteilen (Reactive Synthesis, Rapid Prototyping, etc.) sowie Fügetechniken und grundlegende Konstruktionskriterien behandelt.</p> <p>Inhalt:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rohstoffe</li> <li>2. Pulversynthese</li> <li>3. Pulveraufbereitung und -charakterisierung</li> <li>4. Formgebung</li> <li>5. Sintern</li> <li>6. Glas und Zement-Technologie</li> <li>7. Neue Syntheseverfahren, Beschichtungen, etc.</li> <li>8. Fügetechniken</li> </ol> |
| <b>Literatur</b>   | <p>W.D. Kingery, „Introduction to Ceramics“, John Wiley &amp; Sons, New York, 1975</p> <p>ASM Engineering Materials Handbook Vol.4 „Ceramics and Glasses“, 1991</p> <p>D.W. Richerson, „Modern Ceramic Engineering“, Marcel Decker, New York, 1992</p> <p>Skript zur Vorlesung</p>   |

| <b>Lehrveranstaltung L0354: Environmental Analysis</b> |
|--|
|--|

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <b>Typ</b>                       | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>                       | 2   |
| <b>LP</b>                        | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b> | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28  |
| <b>Prüfungsart</b>               | Klausur   |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b> | 45 Minuten  |
| <b>Dozenten</b>                  | Dr. Dorothea Rechtenbach, Dr. Henning Mangels   |
| <b>Sprachen</b>                  | EN  |
| <b>Zeitraum</b>                  | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>                    | Introduction<br>Sampling in different environmental compartments, sample transportation, sample storage<br>Sample preparation<br>Photometry<br>Wastewater analysis<br>Introduction into chromatography<br>Gas chromatography<br>HPLC<br>Mass spectrometry<br>Optical emission spectrometry<br>Atom absorption spectrometry<br>Quality assurance in environmental analysis   |
| <b>Literatur</b>                 | Roger Reeve, Introduction to Environmental Analysis, John Wiley & Sons Ltd., 2002 (TUB: USD-728)<br>Pradyot Patnaik, Handbook of environmental analysis: chemical pollutants in air, water, soil, and solid wastes, CRC Press, Boca Raton, 2010 (TUB: USD-716)<br>Chunlong Zhang, Fundamentals of Environmental Sampling and Analysis, John Wiley & Sons Ltd., Hoboken, New Jersey, 2007 (TUB: USD-741)<br>Miroslav Radojević, Vladimir N. Bashkin, Practical Environmental Analysis RSC Publ., Cambridge, 2006 (TUB: USD-720)<br>Werner Funk, Vera Dammann, Gerhild Donnevert, Sarah Iannelli (Translator), Eric Iannelli (Translator), Quality Assurance in Analytical Chemistry: Applications in Environmental, Food and Materials Analysis, Biotechnology, and Medical Engineering, 2nd Edition, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2007 (TUB: CHF-350)<br>STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 21st Edition, Andrew D. Eaton, Leonore S. Clesceri, Eugene W. Rice, and Arnold E. Greenberg, editors, 2005 (TUB: CHF-428)<br>K. Robards, P. R. Haddad, P. E. Jackson, Principles and Practice of Modern Chromatographic Methods, Academic Press<br>G. Schwedt, Chromatographische Trennmethode, Thieme Verlag<br>H. M. McNair, J. M. Miller, Basic Gas Chromatography, Wiley<br>W. Gottwald, GC für Anwender, VCH<br>B. A. Bidlingmeyer, Practical HPLC Methodology and Applications, Wiley<br>K. K. Unger, Handbuch der HPLC, GIT Verlag<br>G. Aced, H. J. Möckel, Liquidchromatographie, VCH<br>Charles B. Boss and Kenneth J. Fredeen, Concepts, Instrumentation and Techniques in |

Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry  
Perkin-Elmer Corporation 1997, On-line available at:  
<http://files.instrument.com.cn/bbs/upfile/2006291448.pdf>

Atomic absorption spectrometry: theory, design and applications, ed. by S. J. Haswell 1991  
(TUB: 2727-5614)

Royal Society of Chemistry, Atomic absorption spectrometry  
([http://www.kau.edu.sa/Files/130002/Files/6785\\_AAs.pdf](http://www.kau.edu.sa/Files/130002/Files/6785_AAs.pdf))

| Modul M0905: Forschungsprojekt Verfahrenstechnik   |  |     |    |
|--|--|-----|----|
| Lehrveranstaltungen                                |  |     |    |
| Titel  | Typ  | SWS | LP |
| Forschungsprojekt in der Verfahrenstechnik (L1051) | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung   | 6   | 6  |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                       | Dozenten des SD V  |     |    |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                   | Keine  |     |    |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                    | Fortgeschrittener Kenntnisstand im Master-Studium Verfahrenstechnik  |     |    |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>      | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |     |    |
| <b>Fachkompetenz</b>                               | Die Studierenden kennen aktuelle Forschungsprojekte der Institute in der Vertiefungsrichtung. Sie können die grundlegenden wissenschaftlichen Methoden nennen, mit denen an diesen gearbeitet wird.  |     |    |
| <i>Wissen</i>                                      |  |     |    |
| <b>Fertigkeiten</b>                                | Die Studierenden sind in der Lage, ein eigenständiges Teilprojekt in aktuell laufenden Forschungsprojekten der Institute in der Vertiefungsrichtung durchzuführen. Studierende können ihre Vorgehensweise zur Lösung einer Aufgabe begründen, aus den gewonnen Ergebnissen Schlussfolgerungen ziehen und wenn nötig neue Arbeitsmethoden finden. Studierende sind in der Lage, alternative Lösungskonzepte mit dem gewählten Ansatz bzgl. vorgegebener Kriterien zu vergleichen und zu beurteilen. |     |    |
| <i>Fertigkeiten</i>                                |  |     |    |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                       | Studierende sind in der Lage, mit Mitarbeitern der betreuenden Institute fachlich den Fortschritt der Arbeit zu diskutieren und ihre Endergebnisse adressatengerecht zu präsentieren.  |     |    |
| <i>Sozialkompetenz</i>                             |  |     |    |
| <b>Selbstständigkeit</b>                           | Studierende sind in der Lage, anhand der im bisherigen Studium erworbenen Kompetenzen sich selbstständig aus aktuellen Forschungsprojekten sinnvolle Aufgaben zu definieren, dazu notwendiges Wissen zu erschließen sowie geeignete Lösungsmethoden auszuwählen.   |     |    |
| <i>Selbstständigkeit</i>                           |  |     |    |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                   | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84   |     |    |
| <b>Leistungspunkte</b>                             | 6  |     |    |
| <b>Studienleistung</b>                             | Keine  |     |    |
| <b>Prüfung</b>                                     | Studienarbeit  |     |    |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                   | laut ASPO  |     |    |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>            | Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht  |     |    |

| <b>Lehrveranstaltung L1051: Forschungsprojekt in der Verfahrenstechnik</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung  |
| <b>SWS</b>   | 6   |
| <b>LP</b>  | 6   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84  |
| <b>Dozenten</b>  | Dozenten des SD V   |
| <b>Sprachen</b>  | DE/EN   |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe/SoSe   |
| <b>Inhalt</b>  | <p>Bearbeitung aktueller Forschungsthemen der gewählten Vertiefungsrichtung.</p> <p>Forschungsprojekte können an den Instituten der Verfahrenstechnik, in der Industrie oder im Ausland durchgeführt werden. Es ist immer eine Hochschullehrerin oder ein Hochschullehrer des Studiendekanats Verfahrenstechnik als Betreuer erforderlich, der vor Beginn des Forschungsprojektes festgelegt werden muss.</p> |
| <b>Literatur</b>   | <p>Aktuelle Literatur zu Forschungsthemen aus der gewählten Vertiefungsrichtung.</p> <p>Current literature on research topics of the chosen specialization.</p>   |

| Modul M1396: Hybride Prozesse in der Verfahrenstechnik |   |               |                                |
|--|---|---------------|--------------------------------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                             |   |               |                                |
| <b>Titel</b>   | <b>Typ</b>  | <b>SWS</b>    | <b>LP</b>                      |
| Hybride Prozesse in der Verfahrenstechnik (L1715)      | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung  | 2             | 4                              |
| Hybride Prozesse in der Verfahrenstechnik (L1978)      | Vorlesung   | 2             | 2                              |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                           | Prof. Mirko Skiborowski   |               |                                |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                       | Keine   |               |                                |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                        | Prozess- und Anlagentechnik 1<br>Prozess- und Anlagentechnik 2<br>Grundlagen der Verfahrenstechnik  |               |                                |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>          | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht   |               |                                |
| <b>Fachkompetenz</b>                                   | Studierende sind in der Lage hybride Prozesse zu erkennen und zu bewerten.  |               |                                |
| <i>Wissen</i>  |   |               |                                |
| <i>Fertigkeiten</i>                                    | Studierende sind in der Lage Prozesse hinsichtlich ihrer Eignung als hybride Prozesse zu bewerten und entsprechend auszulegen.  |               |                                |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                           |   |               |                                |
| <i>Sozialkompetenz</i>                                 | Studierende sind in der Lage die Grundlagen des Projektmanagements für Kleingruppen anzuwenden.   |               |                                |
| <i>Selbstständigkeit</i>                               | Studierende sind in der Lage sich selbständig Fachwissen zu hybriden Prozessen anzueignen und diese zu diskutieren.   |               |                                |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                       | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56   |               |                                |
| <b>Leistungspunkte</b>                                 | 6   |               |                                |
| <b>Studienleistung</b>                                 | <b>Verpflichtend</b>  | <b>Anteil</b> | <b>Art der Studienleistung</b> |
|  | Ja  | 15 %          | Midterm                        |
| <b>Prüfung</b>   | Schriftliche Ausarbeitung   |               |                                |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                       | Projektbericht inkl. PM-Dokumente   |               |                                |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>                | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht |               |                                |

| Lehrveranstaltung L1715: Hybride Prozesse in der Verfahrenstechnik |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 4  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                   | Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28         |
| <b>Dozenten</b>  | Dr. Thomas Waluga                          |
| <b>Sprachen</b>  | DE   |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe                                       |
| <b>Inhalt</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung          |
| <b>Literatur</b>   | Siehe korrespondierende Vorlesung          |

| <b>Lehrveranstaltung L1978: Hybride Prozesse in der Verfahrenstechnik</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>   | Dr. Thomas Waluga  |
| <b>Sprachen</b>   | DE   |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>   | Einführung in integrative und hybride Prozesse in der Verfahrenstechnik; Vor- und Nachteile, Prozessfenster, Unterscheidungskriterien; Prozessbeispiele aus den Bereichen Industrie und Forschung: Trennwandkolonnen, Reaktive Trennwandkolonnen, Reaktivadsorption und reaktionsunterstützte Adsorption, ISPR-Chromatographie und ISPR-Extraktion; Biotechnologische Hybride Verfahren.   |
| <b>Literatur</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- H. Schmidt-Traub; Integrated Reaction and Separation Operations: Modelling and Experimental Validation; Springer 2006</li> <li>- K. Sundmacher, A. Kienle, A. Seidel-Morgenstern; Integrated Chemical Processes: Synthesis, Operation, Analysis, and Control; Wiley-VCH 2005</li> <li>- Mexandre C. Dimian (Ed); Integrated Design and Simulation of Chemical Processes; in Computer Aided Chemical Engineering, Volume 13, Pages 1-698 (2003)</li> </ul> |

| Modul M0537: Applied Thermodynamics: Thermodynamic Properties for Industrial Applications |  |                                |                           |
|---|--|--------------------------------|---------------------------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>  |  |                                |                           |
| <b>Titel</b>  | <b>Typ</b>   | <b>SWS</b>                     | <b>LP</b>                 |
| Angewandte Thermodynamik: Thermodynamische Größen für industrielle Anwendungen (L0100)    | Vorlesung  | 4                              | 3                         |
| Angewandte Thermodynamik: Thermodynamische Größen für industrielle Anwendungen (L0230)    | Gruppenübung   | 2                              | 3                         |
| <b>Modulverantwortlicher</b>  | Dr. Sven Jakobtorweihen  |                                |                           |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>  | None   |                                |                           |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>   | Thermodynamics III   |                                |                           |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>   | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |                                |                           |
| <b>Fachkompetenz</b>  | <p>The students are capable to formulate thermodynamic problems and to specify possible solutions. Furthermore, they can describe the current state of research in thermodynamic property predictions.</p> <p style="text-align: right;"><i>Wissen</i></p> <p>The students are capable to apply modern thermodynamic calculation methods to multi-component mixtures and relevant biological systems. They can calculate phase equilibria and partition coefficients by applying equations of state, gE models, and COSMO-RS methods. They can provide a comparison and a critical assessment of these methods with regard to their industrial relevance. The students are capable to use the software COSMOtherm and relevant property tools of ASPEN and to write short programs for the specific calculation of different thermodynamic properties. They can judge and evaluate the results from thermodynamic calculations/predictions for industrial processes.</p> <p style="text-align: right;"><i>Fertigkeiten</i></p> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p style="text-align: right;"><i>Sozialkompetenz</i></p> <p>Students are capable to develop and discuss solutions in small groups; further they can translate these solutions into calculation algorithms.</p> <p style="text-align: right;"><i>Selbstständigkeit</i></p> <p>Students can rank the field of "Applied Thermodynamics" within the scientific and social context. They are capable to define research projects within the field of thermodynamic data calculation.</p> |                                |                           |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84   |                                |                           |
| <b>Leistungspunkte</b>  | 6  |                                |                           |
| <b>Studienleistung</b>  | <b>Verpflichtend</b>   | <b>Art der Studienleistung</b> | <b>Beschreibung</b>       |
|   | Ja   | Keiner                         | Schriftliche Ausarbeitung |
| <b>Prüfung</b>  | Mündliche Prüfung  |                                |                           |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>  |  |                                |                           |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>   | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Kernqualifikation: Pflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht  |                                |                           |

| <b>Lehrveranstaltung L0100: Applied Thermodynamics: Thermodynamic Properties for Industrial Applications</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>   | 4  |
| <b>LP</b>  | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 34, Präsenzstudium 56   |
| <b>Dozenten</b>  | Dr. Sven Jakobtorweihen, Prof. Ralf Dohrn  |
| <b>Sprachen</b>  | EN   |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Phase equilibria in multicomponent systems</li> <li>• Partitioning in biorelevant systems</li> <li>• Calculation of phase equilibria in colloidal systems: UNIFAC, COSMO-RS (exercises in computer pool)</li> <li>• Calculation of partitioning coefficients in biological membranes: COSMO-RS (exercises in computer pool)</li> <li>• Application of equations of state (vapour pressure, phase equilibria, etc.) (exercises in computer pool)</li> <li>• Intermolecular forces, interaction Potentials</li> <li>• Introduction in statistical thermodynamics</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>   |  |

| <b>Lehrveranstaltung L0230: Applied Thermodynamics: Thermodynamic Properties for Industrial Applications</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Gruppenübung   |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28                                   |
| <b>Dozenten</b>  | Dr. Sven Jakobtorweihen, Prof. Ralf Dohrn                            |
| <b>Sprachen</b>  | EN   |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>  | exercises in computer pool, see lecture description for more details |
| <b>Literatur</b>   | -  |

| Modul M0975: Industrial Bioprocesses in Practice                |  |            |            |           |
|---|--|------------|------------|-----------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                                      |  |            |            |           |
| <b>Titel</b>  |  | <b>Typ</b> | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
| Industrielle Biotechnologie in der Chemischen Industrie (L2276) |  | Seminar    | 2          | 3         |
| Praxis in der Bioverfahrenstechnik (L2275)                      |  | Seminar    | 2          | 3         |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                                    | Prof. Andreas Liese  |            |            |           |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                                | None   |            |            |           |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                                 | Knowledge of bioprocess engineering and process engineering at bachelor level  |            |            |           |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>                   | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |            |            |           |
| <b>Fachkompetenz</b>  | After successful completion of the module <ul style="list-style-type: none"> <li>the students can outline the current status of research on the specific topics discussed</li> <li>the students can explain the basic underlying principles of the respective industrial biotransformations</li> </ul>   |            |            |           |
| <i>Wissen</i>   |  |            |            |           |
| <i>Fertigkeiten</i>   | After successful completion of the module students are able to <ul style="list-style-type: none"> <li>analyze and evaluate current research approaches</li> <li>plan industrial biotransformations basically</li> </ul>  |            |            |           |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                                    |  |            |            |           |
| <i>Sozialkompetenz</i>  | Students are able to work together as a team with several students to solve given tasks and discuss their results in the plenary and to defend them.   |            |            |           |
| <i>Selbstständigkeit</i>  | The students are able independently to present the results of their subtasks in a presentation   |            |            |           |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56  |            |            |           |
| <b>Leistungspunkte</b>  | 6  |            |            |           |
| <b>Studienleistung</b>  | Keine  |            |            |           |
| <b>Prüfung</b>  | Referat  |            |            |           |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                                | je Veranstaltung 15 min Vortrag and 15 min Diskussion  |            |            |           |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>                         | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie und Bioprozesstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie und Bioprozesstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Management und Controlling: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Management und Controlling: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht |            |            |           |

| <b>Lehrveranstaltung L2276: Industrial biotechnology in Chemical Industry</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Seminar  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>   | Dr. Stephan Freyer   |
| <b>Sprachen</b>   | EN   |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>   | This course gives an insight into the applications, processes, structures and boundary conditions in industrial practice. Various concrete applications of the technology, markets and other questions that will significantly influence the plant and process design will be shown.   |
| <b>Literatur</b>  | <p>Chmiel H (ed). Bioprozesstechnik, Springer 2011, ISBN: 978-3-8274-2476-1 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen]</p> <p>Bailey, James and David F. Ollis: Biochemical Engineering Fundamentals. -2nd ed.; New York: McGraw Hill, 1986.</p> <p>Becker, Th. et al. (2008) Biotechnology. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract">http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract</a></p> <p>Doran, Pauline M.: Bioprocess Engineering Principles, Academic Press, 2003</p> <p>Hass, V. und R. Pörtner: Praxis der Bioprozesstechnik. Spektrum Akademischer Verlag (2011), 2. Auflage</p> <p>Krahe M (2003) Biochemical Engineering. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html">http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html</a></p> <p>Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts</p> |

| <b>Lehrveranstaltung L2275: Practice in bioprocess engineering</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Seminar  |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                   | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>  | Dr. Willfried Blümke   |
| <b>Sprachen</b>  | EN   |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>  | Content of this course is a concrete insight into the principles, processes and structures of an industrial biotechnology company. In addition to practical illustrative examples, aspects beyond the actual process engineering area are also addressed, such as e.g. Sustainability and engineering.   |
| <b>Literatur</b>   | <p>Chmiel H (ed). Bioprozesstechnik, Springer 2011, ISBN: 978-3-8274-2476-1 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen]</p> <p>Bailey, James and David F. Ollis: Biochemical Engineering Fundamentals. -2nd ed.; New York: McGraw Hill, 1986.</p> <p>Becker, Th. et al. (2008) Biotechnology. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract">http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract</a></p> <p>Doran, Pauline M.: Bioprocess Engineering Principles, Academic Press, 2003</p> <p>Hass, V. und R. Pörtner: Praxis der Bioprozesstechnik. Spektrum Akademischer Verlag (2011), 2. Auflage</p> <p>Krahe M (2003) Biochemical Engineering. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html">http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html</a></p> <p>Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts</p> |

## Fachmodule der Vertiefung Umweltverfahrenstechnik

### Modul M0513: Systemaspekte regenerativer Energien

#### Lehrveranstaltungen

| Titel   | Typ          | SWS | LP |
|---|--------------|-----|----|
| Brennstoffzellen, Batterien und Gasspeicher: Neue Materialien für die Energieerzeugung und -speicherung (L0021) | Vorlesung    | 2   | 2  |
| Energiehandel und Energiemärkte (L0019)   | Vorlesung    | 1   | 1  |
| Energiehandel und Energiemärkte (L0020)   | Gruppenübung | 1   | 1  |
| Tiefe Geothermie (L0025)  | Vorlesung    | 2   | 2  |

|                              |                          |
|------------------------------|--------------------------|
| <b>Modulverantwortlicher</b> | Prof. Martin Kaltschmitt |
|------------------------------|--------------------------|

|                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b> | Keine |
|----------------------------------|-------|

|                                 |                                    |
|---------------------------------|------------------------------------|
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b> | Modul: Technische Thermodynamik I  |
|                                 | Modul: Technische Thermodynamik II |

|   |   |
|---|---|
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
|---|---|

|                      |                              |   |
|----------------------|------------------------------|---|
| <b>Fachkompetenz</b> | <i>Wissen</i>                | Die Studierenden können mit Abschluss dieses Moduls die Prozesse im Energiehandel und die Gestaltung der Energiemärkte beschreiben und kritisch in Bezug zu aktuellen Problemstellungen bewerten. Des Weiteren sind sie in der Lage die thermodynamischen Grundlagen der elektrochemischen Energiewandlung in Brennstoffzellen zu erklären und den Bezug zu verschiedenen Bauarten von Brennstoffzellen und deren jeweiligem Aufbau herzustellen und zu erläutern. Die Studenten können diese Technologie mit weiteren Energiespeichermöglichkeiten vergleichen. Zusätzlich können die Studenten einen Überblick über die Verfahrensweise und der energetischen Einbindung von tiefer Geothermie geben. |
|                      | <i>Fertigkeiten</i>          | Die Studierenden können das erlernte Wissen zur Speicherung überschüssiger Energie anwenden, um für unterschiedlicher Energiesysteme Lösungsansätze für eine versorgungssichere Energiebereitstellung erläutern. Insbesondere können sie diesbezüglich häusliche, gewerbliche und industrielle Beheizungsanlagen unter Anwendung von Speichern energiesparend planen und berechnen, und im Bezug zu komplexen Energiesystemen beurteilen. In diesem Zusammenhang können die Studierenden die Potenziale und Grenzen von Geothermieanlagen einschätzen und deren Funktionsweise erläutern.   |
|                      | <b>Personale Kompetenzen</b> | Des Weiteren sind die Studierenden in der Lage die Vorgehensweisen und Strategien zur Vermarktung von Energie zu erläutern und im Kontext anderer Module auf erneuerbare Energieprojekte anwenden. In diesem Zusammenhang können die Studierenden eigenständig Analysen zur Bewertung von Energiehandel und Energiemärkten erstellen.   |
|                      | <i>Sozialkompetenz</i>       | Die Studierenden können Problemstellungen in den angrenzenden Themengebieten im Bereich erneuerbarer Energien, die innerhalb des Moduls vertieft wurden, diskutieren.   |
|                      | <i>Selbstständigkeit</i>     | Die Studierenden können sich selbstständig Quellen über die Schwerpunkte der Vorlesungen erschließen und sich das darin enthaltene Wissen aneignen.   |

|                                  |                                    |
|----------------------------------|------------------------------------|
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b> | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84 |
|----------------------------------|------------------------------------|

|                        |   |
|------------------------|---|
| <b>Leistungspunkte</b> | 6 |
|------------------------|---|

|                        |       |
|------------------------|-------|
| <b>Studienleistung</b> | Keine |
|------------------------|-------|

|                |         |
|----------------|---------|
| <b>Prüfung</b> | Klausur |
|----------------|---------|

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b> | 3 Stunden |
|----------------------------------|-----------|

|  |   |
|--|---|
|  | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Energie- und Umwelttechnik: Vertiefung Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Regenerative Energien: |
|--|---|

|   |   |
|---|---|
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b> | Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Kernqualifikation: Pflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht |
|---|---|

| <b>Lehrveranstaltung L0021: Brennstoffzellen, Batterien und Gasspeicher: Neue Materialien für die Energieerzeugung und -speicherung</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Michael Fröba  |
| <b>Sprachen</b>   | DE   |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung in die elektrochemische Energiewandlung</li> <li>2. Funktion und Aufbau von Elektrolyten</li> <li>3. Die Niedertemperatur-Brennstoffzellen                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Bauformen</li> <li>◦ Thermodynamik der PEM-Brennstoffzelle</li> <li>◦ Kühl- und Befeuchtungsstrategie</li> </ul> </li> <li>4. Die Hochtemperatur-Brennstoffzelle                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Die MCFC</li> <li>◦ Die SOFC</li> <li>◦ Integrationsstrategien und Teilreformierung</li> </ul> </li> <li>5. Brennstoffe                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Bereitstellung von Brennstoffen</li> <li>◦ Reformierung von Erdgas und Biogas</li> <li>◦ Reformierung von flüssigen Kohlenwasserstoffen</li> </ul> </li> <li>6. Energetische Integration und Regelung von Brennstoffzellen-Systemen</li> </ol> |
| <b>Literatur</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hamann, C.; Vielstich, W.: Elektrochemie 3. Aufl.; Weinheim: Wiley - VCH, 2003</li> </ul>   |

| <b>Lehrveranstaltung L0019: Energiehandel und Energiemärkte</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 1  |
| <b>LP</b>   | 1  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14   |
| <b>Dozenten</b>   | Michael Sagorje, Dr. Sven Orłowski   |
| <b>Sprachen</b>   | DE   |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundbegriffe und handelbare Produkte in Energiemärkten</li> <li>• Primärenergiemärkte</li> <li>• Strommärkte</li> <li>• Europäisches Emissionshandelssystem</li> <li>• Einfluss von Erneuerbaren Energien</li> <li>• Realoptionen</li> <li>• Risikomanagement</li> </ul> <p>Innerhalb der Übung werden die verschiedenen Aufgabenstellungen aktiv diskutiert und auf verschiedene Anwendungsfälle angewandt.</p> |
| <b>Literatur</b>  |  |

| <b>Lehrveranstaltung L0020: Energiehandel und Energiemärkte</b> |                                    |
|---|------------------------------------|
| <b>Typ</b>  | Gruppenübung                       |
| <b>SWS</b>  | 1                                  |
| <b>LP</b>   | 1                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| <b>Dozenten</b>   | Michael Sagorje, Dr. Sven Orłowski |
| <b>Sprachen</b>   | DE                                 |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe                               |
| <b>Inhalt</b>   | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

| <b>Lehrveranstaltung L0025: Tiefe Geothermie</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>                                       | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>                                       | 2   |
| <b>LP</b>  | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                 | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>                                  | Dr. Ben Norden  |
| <b>Sprachen</b>                                  | DE  |
| <b>Zeitraum</b>                                  | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>                                    | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung in die tiefe geothermische Nutzung</li> <li>2. Geologische Grundlagen I</li> <li>3. Geologische Grundlagen II</li> <li>4. Geologisch-thermische Aspekte</li> <li>5. Gesteinsphysikalische Aspekte</li> <li>6. Geochemische Aspekte</li> <li>7. Exploration tiefer geothermischer Reservoirs</li> <li>8. Bohrungstechnologien, Verrohrung und Ausbau</li> <li>9. Bohrlochgeophysik</li> <li>10. Untertägige Systemcharakterisierung und Reservoirengineering</li> <li>11. Mikrobiologie und Obertägige Systemkomponenten</li> <li>12. Angepasste Anlagenkonzepte, Kosten und Umweltaspekt</li> </ol>  |
| <b>Literatur</b>                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dipippo, R.: Geothermal Power Plants: Principles, Applications, Case Studies and Environmental Impact. Butterworth Heinemann; 3rd revised edition. (29. Mai 2012)</li> <li>• <a href="http://www.geo-energy.org">www.geo-energy.org</a></li> <li>• Edenhofer et al. (eds): Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation; Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2012.</li> <li>• Kaltschmitt et al. (eds): Erneuerbare Energien: Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. Springer, 5. Aufl. 2013.</li> <li>• Kaltschmitt et al. (eds): Energie aus Erdwärme. Spektrum Akademischer Verlag; Auflage: 1999 (3. September 2001)</li> <li>• Huenges, E. (ed.): Geothermal Energy Systems: Exploration, Development, and Utilization. Wiley-VCH Verlag GmbH &amp; Co. KGaA; Auflage: 1. Auflage (19. April 2010)</li> </ul> |

| <b>Modul M0874: Abwassersysteme</b>                                  |  |
|--|--|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>   |  |
| <b>Titel</b>   | <b>Typ</b>   |
| Abwassersysteme - Erfassung, Behandlung und Wiederverwendung (L0934) | Vorlesung  |
| Abwassersysteme - Erfassung, Behandlung und Wiederverwendung (L0943) | Hörsaalübung   |
| Physikalische und chemische Abwasserbehandlung (L0357)               | Vorlesung  |
| Physikalische und chemische Abwasserbehandlung (L0358)               | Hörsaalübung   |
| <b>SWS</b>   | <b>LP</b>  |
| 2  | 2  |
| 1  | 1  |
| 2  | 2  |
| 1  | 1  |
| <b>Modulverantwortlicher</b>   | Prof. Ralf Otterpohl   |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                                     | Keine  |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                                      | Kenntnis abwasserwasserwirtschaftlicher Maßnahmenfelder sowie der zentralen Prozesse der Abwasserwasseraufbereitung  |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>                        | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |
| <b>Fachkompetenz</b>   | Die Studierenden können die ganze Breite der Anlagentechniken bei siedlungswasserwirtschaftlichen Maßnahmen und deren gegenseitige Abhängigkeit für einen nachhaltigen Gewässerschutz beschreiben. Sie können relevante ökonomische, ökologische und soziale Aspekte wiedergeben.  |
| <i>Wissen</i>  |  |
| <i>Fertigkeiten</i>  | Studierende können verfügbare Abwasseraufbereitungsverfahren in der Breite der Anwendungen für Vorentwürfe auslegen und erklären, sowohl für kommunale als auch für einige industrielle Anlagen.   |
| <b>Personale Kompetenzen</b>   | Im Rahmen dieses Moduls werden Sozialkompetenzen nicht gezielt angesprochen.   |
| <i>Sozialkompetenz</i>   |  |
| <i>Selbstständigkeit</i>   | Die Studierenden sind in der Lage selbstständig und planvoll ein Thema zu erarbeiten und dieses zu präsentieren.   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                     | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84   |
| <b>Leistungspunkte</b>   | 6  |
| <b>Studienleistung</b>   | Keine  |
| <b>Prüfung</b>   | Klausur  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                                     | 120 min  |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>                              | Bauingenieurwesen: Vertiefung Tragwerke: Wahlpflicht<br>Bauingenieurwesen: Vertiefung Tiefbau: Wahlpflicht<br>Bauingenieurwesen: Vertiefung Hafenbau und Küstenschutz: Wahlpflicht<br>Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Pflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Energie- und Umwelttechnik: Vertiefung Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Environmental Engineering: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Pflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Pflicht |

| <b>Lehrveranstaltung L0934: Wastewater Systems - Collection, Treatment and Reuse</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>   | 2   |
| <b>LP</b>  | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Ralf Otterpohl  |
| <b>Sprachen</b>  | EN  |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Understanding the global situation with water and wastewater</li> <li>• Regional planning and decentralised systems</li> <br/> <li>• Overview on innovative approaches</li> <li>• In depth knowledge on advanced wastewater treatment options for different situations, for end-of-pipe and reuse</li> <li>• Mathematical Modelling of Nitrogen Removal</li> <li>• Exercises with calculations and design</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>   | <p>Henze, Mogens:<br/>Wastewater Treatment: Biological and Chemical Processes, Springer 2002, 430 pages</p> <p>George Tchobanoglous, Franklin L. Burton, H. David Stensel:<br/>Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, Metcalf &amp; Eddy<br/>McGraw-Hill, 2004 - 1819 pages</p>   |

| <b>Lehrveranstaltung L0943: Wastewater Systems - Collection, Treatment and Reuse</b> |                                    |
|--|------------------------------------|
| <b>Typ</b>   | Hörsaalübung                       |
| <b>SWS</b>   | 1                                  |
| <b>LP</b>  | 1                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Ralf Otterpohl               |
| <b>Sprachen</b>  | EN                                 |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe                               |
| <b>Inhalt</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>   | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

| <b>Lehrveranstaltung L0357: Physikalische und chemische Abwasserbehandlung</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>  | Dr. Joachim Behrendt   |
| <b>Sprachen</b>  | DE   |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>  | <p>Überblick über weitergehende Abwasserreinigung</p> <p>Wiederverwendung aufbereiteten kommunalen Abwassers</p> <p>Fällung</p> <p>Flockung</p> <p>Tiefenfiltration</p> <p>Membranverfahren</p> <p>Aktivkohleadsorption</p> <p>Ozonisierung</p> <p>"Advanced Oxidation Processes"</p> <p>Desinfektion</p>  |
| <b>Literatur</b>   | <p>Metcalf &amp; Eddy, Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, McGraw-Hill, Boston 2003</p> <p>Wassertechnologie, H.H. Hahn, Springer-Verlag, Berlin 1987</p> <p>Membranverfahren: Grundlagen der Modul- und Anlagenauslegung, T. Melin und R. Rautenbach, Springer-Verlag, Berlin 2007</p> <p>Trinkwasserdesinfektion: Grundlagen, Verfahren, Anlagen, Geräte, Mikrobiologie, Chlorung, Ozonung, UV-Bestrahlung, Membranfiltration, Qualitätssicherung, W. Roeske, Oldenbourg-Verlag, München 2006</p> <p>Organische Problemstoffe in Abwässern, H. Gulyas, GFEU, Hamburg 2003</p> |

| <b>Lehrveranstaltung L0358: Physikalische und chemische Abwasserbehandlung</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Hörsaalübung   |
| <b>SWS</b>   | 1  |
| <b>LP</b>  | 1  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14   |
| <b>Dozenten</b>  | Dr. Joachim Behrendt   |
| <b>Sprachen</b>  | DE   |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>  | <p>Organische Summenparameter</p> <p>Industrieabwasser</p> <p>Verfahren zur Industrieabwasserbehandlung</p> <p>Fällung</p> <p>Flockung</p> <p>Aktivkohleadsorption</p> <p>Refraktäre organische Stoffe</p>   |
| <b>Literatur</b>   | <p>Metcalf &amp; Eddy, Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, McGraw-Hill, Boston 2003</p> <p>Wassertechnologie, H.H. Hahn, Springer-Verlag, Berlin 1987</p> <p>Membranverfahren: Grundlagen der Modul- und Anlagenauslegung, T. Melin und R. Rautenbach, Springer-Verlag, Berlin 2007</p> <p>Trinkwasserdesinfektion: Grundlagen, Verfahren, Anlagen, Geräte, Mikrobiologie, Chlorung, Ozonung, UV-Bestrahlung, Membranfiltration, Qualitätssicherung, W. Roeske, Oldenbourg-Verlag, München 2006</p> <p>Organische Problemstoffe in Abwässern, H. Gulyas, GFEU, Hamburg 2003</p> |

| Modul M0875: Nexus Engineering - Water, Soil, Food and Energy                             |  |            |           |
|---|--|------------|-----------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>  |  |            |           |
| <b>Titel</b>  | <b>Typ</b>   | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
| Entwurf von ökologischen Dörfern - Wasser, Energie, Boden und Nahrungsmittelnexus (L1229) | Seminar  | 2          | 2         |
| Wasser- & Abwassersysteme im globalen Kontext (L0939)                                     | Vorlesung  | 2          | 4         |
| <b>Modulverantwortlicher</b>  | Prof. Ralf Otterpohl   |            |           |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>  | None   |            |           |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>   | Basic knowledge of the global situation with rising poverty, soil degradation, migration to cities, lack of water resources and sanitation   |            |           |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>   | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |            |           |
| <b>Fachkompetenz</b>  |  |            |           |
| <i>Wissen</i>   | Students can describe the facets of the global water situation. Students can judge the enormous potential of the implementation of synergistic systems in Water, Soil, Food and Energy supply.   |            |           |
| <i>Fertigkeiten</i>   | Students are able to design ecological settlements for different geographic and socio-economic conditions for the main climates around the world.  |            |           |
| <b>Personale Kompetenzen</b>  |  |            |           |
| <i>Sozialkompetenz</i>  | The students are able to develop a specific topic in a team and to work out milestones according to a given plan.  |            |           |
| <i>Selbstständigkeit</i>  | Students are in a position to work on a subject and to organize their work flow independently. They can also present on this subject.  |            |           |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56  |            |           |
| <b>Leistungspunkte</b>  | 6  |            |           |
| <b>Studienleistung</b>  | Keine  |            |           |
| <b>Prüfung</b>  | Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit  |            |           |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>  | Semesterbegleitend werden Meilensteine erarbeitet, vorgetragen und schriftlich festgehalten. Genaueres findet man ab jeweiligem Semesterbeginn im Stud Ip Kurs im herunterladbarem Modulhandbuch.  |            |           |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>   | Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Environmental Engineering: Kernqualifikation: Wahlpflicht<br>Joint European Master in Environmental Studies - Cities and Sustainability: Kernqualifikation: Pflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht |            |           |

| <b>Lehrveranstaltung L1229: Ecological Town Design - Water, Energy, Soil and Food Nexus</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Seminar  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Ralf Otterpohl   |
| <b>Sprachen</b>   | EN   |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Participants Workshop: Design of the most attractive productive Town</li> <li>• Keynote lecture and video</li> <li>• The limits of Urbanization / Green Cities</li> <li>• The tragedy of the Rural: Soil degradation, agro chemical toxification, migration to cities</li> <li>• Global Ecovillage Network: Upsides and Downsides around the World</li> <li>• Visit of an Ecovillage</li> <li>• Participants Workshop: Resources for thriving rural areas, Short presentations by participants, video competition</li> <li>• TUHH Rural Development Toolbox</li> <li>• Integrated New Town Development</li> <li>• Participants workshop: Design of New Towns: Northern, Arid and Tropical cases</li> <li>• Outreach: Participants campaign</li> <li>• City with the Rural: Resilience, quality of live and productive biodiversity</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ralf Otterpohl 2013: Gründer-Gruppen als Lebensentwurf: "Synergistische Wertschöpfung in erweiterten Kleinstadt- und Dorfstrukturen", in „Regionales Zukunftsmanagement Band 7: Existenzgründung unter regionalökonomischer Perspektive, Pabst Publisher, Lengerich</li> <li>• <a href="http://youtu.be/9hmkgn0nBgc">http://youtu.be/9hmkgn0nBgc</a> (Miracle Water Village, India, Integrated Rainwater Harvesting, Water Efficiency, Reforestation and Sanitation)</li> <li>• TEDx New Town Ralf Otterpohl: <a href="http://youtu.be/_M0J2u9BrbU">http://youtu.be/_M0J2u9BrbU</a></li> </ul>  |

| <b>Lehrveranstaltung L0939: Water &amp; Wastewater Systems in a Global Context</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>   | 2   |
| <b>LP</b>  | 4   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Ralf Otterpohl  |
| <b>Sprachen</b>  | EN  |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Keynote lecture and video</li> <li>• Water &amp; Soil: Water availability as a consequence of healthy soils</li> <li>• Water and it's utilization, Integrated Urban Water Management</li> <li>• Water &amp; Energy, lecture and panel discussion pro and con for a specific big dam project</li> <li>• Rainwater Harvesting on Catchment level, Holistic Planned Grazing, Multi-Use-Reforestation</li> <li>• Sanitation and Reuse of water, nutrients and soil conditioners, Conventional and Innovative Approaches</li> <li>• Why are there excreta in water? Public Health, Awareness Campaigns</li> <li>• Rehearsal session, Q&amp;A</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Montgomery, David R. 2007: Dirt: The Erosion of Civilizations, University of California Press</li> <li>• Liu, John D.: <a href="http://eempc.org/hope-in-a-changing_climate/">http://eempc.org/hope-in-a-changing_climate/</a> (Integrated regeneration of the Loess Plateau, China, and sites in Ethiopia and Rwanda)</li> <li>• <a href="http://youtu.be/9hmkgn0nBgc">http://youtu.be/9hmkgn0nBgc</a> (Miracle Water Village, India, Integrated Rainwater Harvesting, Water Efficiency, Reforestation and Sanitation)</li> </ul>   |

**Modul M0897: CAPE - Computergestützte Auslegung Verfahrenstechnischer Prozesse**

**Lehrveranstaltungen**

| <b>Titel</b>  | <b>Typ</b> | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
|---|------------|------------|-----------|
| CAPE inkl. Computerübung (L1039)                        | Vorlesung  | 2          | 3         |
| Methoden der Prozesssicherheit und Gefahrstoffe (L1040) | Vorlesung  | 2          | 3         |

|                              |                  |
|------------------------------|------------------|
| <b>Modulverantwortlicher</b> | Prof. Georg Fieg |
|------------------------------|------------------|

|                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b> | Keine |
|----------------------------------|-------|

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b> | Inhalte der Module: Prozess- und Anlagentechnik I und II<br>Thermische Grundoperationen<br>Wärme- und Stoffübertragung |
|---------------------------------|--|

|   |   |
|---|---|
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
|---|---|

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>Fachkompetenz</b>         | <p>Studierende können nach der Teilnahme am Modul CAPE "Computergestützte Auslegung verfahrenstechnischer Prozesse":</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Typen von Simulationstools benennen</li> <li>- die Prinzipien von Flowsheetsimulatoren und gleichungsorientierten Simulatoren wiedergeben</li> <li>- den prinzipiellen Aufbau eines Flowsheetsimulators angeben</li> <li>- den Unterschied zwischen stationären und dynamischen Simulatoren erklären</li> <li>- die Grundlagen der Toxikologie&amp;Gefahrstoffe wiedergeben</li> <li>- die wesentlichen Grundzüge und Methoden der Sicherheitstechnik aufzählen und deren Funktionsweise erklären</li> <li>- die Begriffe der gesetzlichen Unfallversicherung wiedergeben und deren Bedeutung erklären</li> <li>- die Bedeutung der Sicherheitsbetrachtungen bei der Anlagenauslegung wiedergeben</li> </ul> <p>Studierende können nach der Teilnahme am Modul CAPE "Computergestützte Auslegung verfahrenstechnischer Prozesse":</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sowohl stationäre als auch dynamische Simulationen durchführen</li> <li>- Simulationsergebnisse auszuwerten und in der Praxis umzusetzen</li> <li>- geeignete Simulationsmodelle auszuwählen und miteinander so zu verknüpfen, dass eine funktionierende Produktionsanlage dabei entsteht</li> <li>- Ergebnisse exp. Messmethoden der Sicherheitstechnik bewerten und anwenden</li> <li>- Ergebnisse der Sicherheitsbetrachtungen bewerten, gegenüberstellen und kritisch hinsichtlich der Anwendung bei der Anlagenauslegung anwenden</li> </ul> |
| <i>Wissen</i>                |  |
| <i>Fertigkeiten</i>          |  |
| <b>Personale Kompetenzen</b> | <p>Studierende sind in nach erfolgreicher Teilnahme am Modul "Computergestützte Auslegung verfahrenstechnischer Prozesse" in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- in Gruppen zusammenarbeiten, um über die Simulationen von Einzelelementen des Gesamtprozesses schliesslich den intergralen Prozess zu entwickeln</li> <li>- in Gruppen das entwickelte Sicherheitskonzept zu präsentieren</li> </ul>   |
| <i>Sozialkompetenz</i>       |  |

|   |   |              |  |
|---|---|--------------|--|
| <i>Selbstständigkeit</i>                | Studierende sind in nach erfolgreicher Teilnahme am Modul "Computergestützte Auslegung verfahrenstechnischer Prozesse" in der Lage:   |              |  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>        | eigenständig und verantwortlich bezüglich Mensch und Umwelt zu handeln<br>Eigenstudium 124, Präsenzstudium 36   |              |  |
| <b>Leistungspunkte</b>                  | 6   |              |  |
| <b>Studienleistung</b>                  | <b>Verpflichtet</b>   | <b>Forum</b> | <b>Art der Studienleistung</b> <b>Beschreibung</b>                             |
|   | Ja  | Keiner       | Gruppendiskussion<br>Gruppendiskussionen finden im Rahmen der PC-Übungen statt |
| <b>Prüfung</b>                          | Klausur   |              |  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>        | 180 min   |              |  |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b> | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht |              |  |

| <b>Lehrveranstaltung L1039: CAPE inkl. Computerübung</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>   | 2   |
| <b>LP</b>  | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                         | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Georg Fieg  |
| <b>Sprachen</b>  | DE  |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>  | <p>I. Einführung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Grundlagen der stationären Prozesssimulation                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1.1. Klassen von Simulationsprogrammen</li> <li>1.2. Sequentiell-modularer Ansatz</li> <li>1.3. Funktionsweise ASPEN PLUS</li> </ul> </li> <li>2. Einführung in ASPEN PLUS                             <ul style="list-style-type: none"> <li>2.1. Benutzeroberfläche</li> <li>2.2. Stoffdatenberechnungsmodelle</li> <li>2.3. Einsatz vorhandener Werkzeuge (z.B. Designspezifikationen)</li> <li>2.4. Konvergenzproblematik</li> </ul> </li> </ul> <p>II. Rechnerübung mit ASPEN PLUS und ACM</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Umfang, Möglichkeiten, Grenzen von ASPEN PLUS</li> <li>Praktische Nutzung der ASPEN Datenbank</li> <li>Abschätzungsmethoden nicht vorhandener Daten</li> <li>Anwendung der Modellbibliothek, Prozesssynthese</li> <li>Designspezifikationen</li> <li>Sensitivitätsanalysen</li> <li>Optimierungsprobleme</li> <li>Industrielle Fallstudien</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- G. Fieg: Lecture notes</li> <li>- Seider, W.D.; Seader, J.D.; Lewin, D.R.: Product and Process Design Principles: Synthesis, Analysis, and Evaluation; Hoboken, J. Wiley &amp; Sons, 2010</li> </ul>   |

| <b>Lehrveranstaltung L1040: Methoden der Prozesssicherheit und Gefahrstoffe</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Georg Fieg, Dr. Thomas Waluga   |
| <b>Sprachen</b>   | DE  |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>   | <p>Praktische Durchführung von Sicherheitsanalysen (Methoden)</p> <p>Sicherheitstechnische Kenngrößen und Methoden zu ihrer Bestimmung</p> <p>Gefährlichkeitsmerkmale nach dem Chemikaliengesetz</p> <p>GHS (Global harmonisiertes System) zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien</p> <p>Gefahrstoffe</p>   |
| <b>Literatur</b>  | <p>Bender, H.: Sicherer Umgang mit Gefahrstoffen; Weinheim (2005)</p> <p>Bender, H.: Das Gefahrstoffbuch. Sicherer Umgang mit Gefahrstoffen in der Praxis; Weinheim (2002)</p> <p>Birett, K.: Umgang mit Gefahrstoffen; Heidelberg (2011)</p> <p>Birgersson, B.; Sterner, O.; Zimerson, E.: Chemie und Gesundheit; Weinheim (1988)</p> <p>O. Antelmann, Diss. an der TU Berlin, 2001</p> <p>R. Dittmeyer, W. Keim, G. Kreysa, A. Oberholz, Chemische Technik, Prozesse und Produkte, Band 1</p> <p>Methodische Grundlagen, VCH, 2004-2006, S. 719</p> <p>H. Pohle, Chemische Industrie, Umweltschutz, Arbeitsschutz, Anlagensicherheit, VCH, Weinheim, 1991</p> <p>J. Steinbach, Chemische Sicherheitstechnik, VCH, Weinheim, 1995</p> <p>G. Suter, Identifikation sicherheitskritischer Prozesse, P&amp;A Kompendium, 2004</p> |

| <b>Modul M0512: Solarenergienutzung</b>       |   |
|---|---|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                    |   |
| <b>Titel</b>                                  | <b>Typ</b> <b>SWS</b> <b>LP</b>   |
| Energiemeteorologie (L0016)                   | Vorlesung                      1                      1   |
| Energiemeteorologie (L0017)                   | Gruppenübung                      1                      1  |
| Kollektortechnik (L0018)                      | Vorlesung                      2                      2   |
| Solare Stromerzeugung (L0015)                 | Vorlesung                      2                      2   |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                  | Prof. Martin Kaltschmitt  |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>              | Keine   |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>               | keine   |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht   |
| <b>Fachkompetenz</b>                          | <p><i>Wissen</i></p> <p>Mit Abschluss dieses Moduls können die Studierenden sich fachliche mit Grundlagen und mit aktuellen Fragen und Problemen aus dem Gebiet der Solarenergienutzung auseinandersetzen und diese unter Einbeziehung vorheriger Lehrinhalte und aktueller Problematiken erläutern und kritisch Stellung dazu beziehen. Sie können insbesondere die Prozesse innerhalb einer Solarzelle fachlich beschreiben und die Besonderheiten bei der Anwendung von Solarmodulen erläutern. Des Weiteren können sie einen Überblick über die Kollektortechnik in solarthermischen Anlagen geben.</p> <p><i>Fertigkeiten</i></p> <p>Die Studierenden können mit Abschluss dieses Moduls die erlernten Grundlagen auf beispielhafte solarstrahlungsnutzende Energiesysteme anwenden und in diesem Zusammenhang unter anderem Potenziale und Grenzen solarer Energieerzeugungsanlagen für verschiedene geografische Bedingungen einschätzen und beurteilen. Sie sind in der Lage unter gegebenen Randbedingungen solare Energieerzeugungsanlagen technische effizient zu dimensionieren und mit der Nutzung modulübergreifendes Wissens ökonomisch und ökologisch zu beurteilen. Dafür notwendige Berechnungsmethoden innerhalb der Strahlungslehre können sie auswählen und aufgabenspezifisch anwenden.</p> |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                  | <p><i>Sozialkompetenz</i></p> <p>Die Studierenden können Problemstellungen in den angrenzenden Themengebieten im Bereich erneuerbarer Energien, die innerhalb des Moduls vertieft wurden, diskutieren.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i></p> <p>Die Studierenden können sich selbstständig Quellen auf Basis der Vorlesungsschwerpunkte über das Fachgebiet erschließen und Wissen aneignen. Des Weiteren können die Studierenden angeleitet durch Lehrende eigenständig Berechnungsmethoden zur Potenzialanalyse und technischen Auslegung von solaren Energiesystemen durchführen und auf dieser Basis Ihren jeweiligen Lernstand einschätzen und eventuell weitere Arbeitsschritte definieren.</p>   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>              | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84  |
| <b>Leistungspunkte</b>                        | 6   |
| <b>Studienleistung</b>                        | Keine   |
| <b>Prüfung</b>                                | Klausur   |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>              | 3 Stunden   |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>       | Energie- und Umwelttechnik: Vertiefung Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Energietechnik: Vertiefung Energiesysteme: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Regenerative Energien: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Kernqualifikation: Pflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht   |

| <b>Lehrveranstaltung L0016: Energiemeteorologie</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>  | 1   |
| <b>LP</b>   | 1   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                    | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14  |
| <b>Dozenten</b>                                     | Dr. Volker Matthias, Dr. Beate Geyer  |
| <b>Sprachen</b>                                     | DE  |
| <b>Zeitraum</b>                                     | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung: Strahlungsquelle Sonne, Astronomische Grundlagen, Grundlagen der Strahlung</li> <li>• Aufbau der Atmosphäre</li> <li>• Eigenschaften und Gesetze von Strahlung                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Polarisation</li> <li>◦ Strahlungsgrößen</li> <li>◦ Plancksches Strahlungsgesetz</li> <li>◦ Wiensches Verschiebungsgesetz</li> <li>◦ Stefan-Boltzmann Gesetz</li> <li>◦ Das Kirchhoffsche Gesetz</li> <li>◦ Helligkeitstemperatur</li> <li>◦ Absorption, Reflexion, Transmission</li> </ul> </li> <li>• Strahlungsbilanz, Globalstrahlung, Energiebilanz</li> <li>• Atmosphärische Extinktion</li> <li>• Mie- und Rayleigh-Streuung</li> <li>• Strahlungstransfer</li> <li>• Optische Effekte in der Atmosphäre</li> <li>• Berechnung Sonnenstand und Berechnung Strahlung auf geneigte Flächen</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Helmut Kraus: Die Atmosphäre der Erde</li> <li>• Hans Häckel: Meteorologie</li> <li>• Grant W. Petty: A First Course in Atmospheric Radiation</li> <li>• Martin Kaltschmitt, Wolfgang Streicher, Andreas Wiese: Renewable Energy</li> <li>• Alexander Löw, Volker Matthias: Skript Optik Strahlung Fernerkundung</li> </ul>  |

| <b>Lehrveranstaltung L0017: Energiemeteorologie</b> |                                    |
|---|------------------------------------|
| <b>Typ</b>  | Gruppenübung                       |
| <b>SWS</b>  | 1                                  |
| <b>LP</b>   | 1                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                    | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| <b>Dozenten</b>                                     | Dr. Beate Geyer                    |
| <b>Sprachen</b>                                     | DE                                 |
| <b>Zeitraum</b>                                     | SoSe                               |
| <b>Inhalt</b>                                       | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>                                    | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

| <b>Lehrveranstaltung L0018: Kollektortechnik</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>                                       | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>                                       | 2  |
| <b>LP</b>  | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                 | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>                                  | Prof. Agis Papadopoulos  |
| <b>Sprachen</b>                                  | DE   |
| <b>Zeitraum</b>                                  | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung: Energiebedarf und Anwendung der Sonnenenergie.</li> <li>• Wärmeübertragung in der Solarthermie: Wärmeleitung, Konvektion, Wärmestrahlung.</li> <li>• Kollektoren: Arten, Aufbau, Wirkungsgrad, Dimensionierung, konzentrierende Systeme.</li> <li>• Energiespeicher: Anforderungen, Arten.</li> <li>• Passive Sonnenenergienutzung: Komponenten und Systeme.</li> <li>• Solarthermische Niedertemperatursysteme: Kollektorvarianten, Aufbau, Berechnung.</li> <li>• Solarthermische Hochtemperatursysteme: Klassifizierung von Solarkraftwerke, Aufbau.</li> <li>• Solare Klimatisierung.</li> </ul>                                  |
| <b>Literatur</b>                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungsskript.</li> <li>• Kaltschmitt, Streicher und Wiese (Hrsg.). Erneuerbare Energien: Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte, 5. Auflage, Springer, 2013.</li> <li>• Stieglitz und Heinzl .Thermische Solarenergie: Grundlagen, Technologie, Anwendungen. Springer, 2012.</li> <li>• Von Böckh und Wetzel. Wärmeübertragung: Grundlagen und Praxis, Springer, 2011.</li> <li>• Baehr und Stephan. Wärme- und Stoffübertragung. Springer, 2009.</li> <li>• de Vos. Thermodynamics of solar energy conversion. Wiley-VCH, 2008.</li> <li>• Mohr, Svoboda und Unger. Praxis solarthermischer Kraftwerke. Springer, 1999.</li> </ul> |

| Lehrveranstaltung L0015: Solare Stromerzeugung |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>                                     | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>                                     | 2  |
| <b>LP</b>                                      | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>               | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>                                | Prof. Alf Mews, Martin Schlecht, Roman Fritsches   |
| <b>Sprachen</b>                                | DE   |
| <b>Zeitraum</b>                                | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>                                  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung</li> <li>2. Primärenergien und Verbrauch, verfügbare Sonnenenergie</li> <li>3. Physik der idealen Solarzelle</li> <li>4. Lichtabsorption, PN-Übergang, charakteristische Größen der Solarzelle, Wirkungsgrad</li> <li>5. Physik der realen Solarzelle</li> <li>6. Ladungsträgerrekombination, Kennlinien, Sperrschichtrekombination, Ersatzschaltbild</li> <li>7. Erhöhung der Effizienz</li> <li>8. Methoden zur Erhöhung der Quantenausbeute und Verringerung der Rekombination</li> <li>9. Hetero- und Tandemstrukturen</li> <li>10. Hetero-Übergang, Schottky-, elektrochemische, MIS- und SIS-Zelle, Tandem-Zelle</li> <li>11. Konzentratorzellen</li> <li>12. Konzentrator-Optiken und Nachführsysteme, Konzentratorzellen</li> <li>13. Technologie und Eigenschaften: Solarzellentypen, Herstellung, einkristallines Silizium und Galliumarsenid, polykristalline Silizium- und Silizium-Dünnschichtzellen, Dünnschichtzellen auf Trägern (amorphes Silizium, CIS, elektrochemische Zellen)</li> <li>14. Module</li> <li>15. Schaltungen</li> </ol>  |
| <b>Literatur</b>                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• A. Götzberger, B. Voß, J. Knobloch: Sonnenenergie: Photovoltaik, Teubner Studienskripten, Stuttgart, 1995</li> <li>• A. Götzberger: Sonnenenergie: Photovoltaik : Physik und Technologie der Solarzelle, Teubner Stuttgart, 1994</li> <li>• H.-J. Lewerenz, H. Jungblut: Photovoltaik, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1995</li> <li>• A. Götzberger: Photovoltaic solar energy generation, Springer, Berlin, 2005</li> <li>• C. Hu, R. M. White: Solar Cells, Mc Graw Hill, New York, 1983</li> <li>• H.-G. Wagemann: Grundlagen der photovoltaischen Energiewandlung: Solarstrahlung, Halbleitereigenschaften und Solarzellenkonzepte, Teubner, Stuttgart, 1994</li> <li>• R. J. van Overstraeten, R.P. Mertens: Physics, technology and use of photovoltaics, Adam Hilger Ltd, Bristol and Boston, 1986</li> <li>• B. O. Seraphin: Solar energy conversion Topics of applied physics V 01 31, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1995</li> <li>• P. Würfel: Physics of Solar cells, Principles and new concepts, Wiley-VCH, Weinheim 2005</li> <li>• U. Rindelhardt: Photovoltaische Stromversorgung, Teubner-Reihe Umwelt, Stuttgart 2001</li> <li>• V. Quaschnig: Regenerative Energiesysteme, Hanser, München, 2003</li> <li>• G. Schmitz: Regenerative Energien, Ringvorlesung TU Hamburg-Harburg 1994/95, Institut für Energietechnik</li> </ul> |

## Modul M0511: Stromerzeugung aus Wind- und Wasserkraft

### Lehrveranstaltungen

| Titel   | Typ            | SWS | LP |
|---|----------------|-----|----|
| Regenerative Energieprojekte in neuen Märkten (L0014) | Projektseminar | 1   | 1  |
| Wasserkraftnutzung (L0013)                            | Vorlesung      | 1   | 1  |
| Windenergieanlagen (L0011)                            | Vorlesung      | 2   | 3  |
| Windenergienutzung - Schwerpunkt Offshore (L0012)     | Vorlesung      | 1   | 1  |

|                              |                   |
|------------------------------|-------------------|
| <b>Modulverantwortlicher</b> | Dr. Joachim Gerth |
|------------------------------|-------------------|

|                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b> | Keine |
|----------------------------------|-------|

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b> | Modul: Thermodynamik I,<br>Modul: Thermodynamik II,<br>Modul: Grundlagen der Strömungsmechanik |
|---------------------------------|--|

|   |   |
|---|---|
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
|---|---|

|                              |   |
|------------------------------|---|
| <b>Fachkompetenz</b>         | Mit Abschluss dieses Moduls können die Studierenden vertieftes Kenntnisse über Windenergieanlagen mit besonderem Fokus der Windenergienutzung unter den Offshore-Bedingungen detailliert erklären und unter Einbeziehung aktueller Problemstellung kritisch dazu Stellung beziehen. Des Weiteren sind sie in der Lage die Nutzung der Wasserkraft zur Stromerzeugung grundlegend zu beschreiben. Die Studierenden können das grundsätzliche Vorgehen bei der Umsetzung regenerativer Energieprojekte im außereuropäischen Ausland wiedergeben und erklären. |
| <i>Wissen</i>                | Durch aktive Diskussionen der verschiedenen Themenschwerpunkte innerhalb des Seminars des Moduls verbessern die Studierenden das Verständnis und die Anwendung der theoretischen Grundlagen und sind so in der Lage das Gelernte auf die Praxis zu übertragen.  |
| <i>Fertigkeiten</i>          | Die Studierenden können mit Abschluss dieses Moduls die erlernten theoretischen Grundlagen auf beispielhafte Wasser- oder Windkraftsysteme anwenden und die sich ergebenden Zusammenhänge bezüglich der Auslegung und des Betriebs dieser Anlagen fachlich einschätzen und beurteilen. Die besondere Verfahrensweise zur Umsetzung erneuerbarer Energieprojekte im außereuropäischen Ausland können sie grundsätzlich mit der in Europa angewendeten Vorgehensweise kritisch vergleichen und auf beispielhafte Projekte theoretisch anwenden.               |
| <b>Personale Kompetenzen</b> |   |
| <i>Sozialkompetenz</i>       | Die Studierenden können wissenschaftliche Aufgabenstellungen innerhalb eines Seminars fachspezifisch und fachübergreifend diskutieren.  |
| <i>Selbstständigkeit</i>     | Die Studierenden können sich selbstständig auf Basis der Schwerpunkte des Vorlesungsmaterials Quellen über das Fachgebiet erschließen, dieses zur Nachbereitung der Vorlesung nutzen und sich Wissen aneignen.  |

|                                  |                                     |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b> | Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70 |
|----------------------------------|-------------------------------------|

|                        |   |
|------------------------|---|
| <b>Leistungspunkte</b> | 6 |
|------------------------|---|

|                        |       |
|------------------------|-------|
| <b>Studienleistung</b> | Keine |
|------------------------|-------|

|                |         |
|----------------|---------|
| <b>Prüfung</b> | Klausur |
|----------------|---------|

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b> | 3 Stunden |
|----------------------------------|-----------|

|   |   |
|---|---|
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b> | Bauingenieurwesen: Vertiefung Tragwerke: Wahlpflicht<br>Bauingenieurwesen: Vertiefung Tiefbau: Wahlpflicht<br>Bauingenieurwesen: Vertiefung Hafenbau und Küstenschutz: Wahlpflicht<br>Energie- und Umwelttechnik: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Regenerative Energien: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktentwicklung: Wahlpflicht<br>Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktion: Wahlpflicht |
|---|---|

|  |  |
|--|--|
|  | Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Werkstoffe: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Kernqualifikation: Pflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Pflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht |
|--|--|

| <b>Lehrveranstaltung L0014: Regenerative Energieprojekte in neuen Märkten</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Projektseminar  |
| <b>SWS</b>  | 1   |
| <b>LP</b>   | 1   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14  |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Andreas Wiese   |
| <b>Sprachen</b>   | DE  |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung                         <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Entwicklung der erneuerbaren Energien weltweit                                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Historie</li> <li>▪ Zukünftige Märkte</li> </ul> </li> <li>◦ Besondere Herausforderungen in neuen Märkten - Übersicht</li> </ul> </li> <li>2. Beispielprojekt Windpark Korea                         <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Übersicht</li> <li>◦ Technische Beschreibung</li> <li>◦ Projektphasen und Besonderheiten</li> </ul> </li> <li>3. Förder- und Finanzierungsinstrumente für EE Projekten in neuen Märkten                         <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Übersicht Fördermöglichkeiten</li> <li>◦ Übersicht Länder mit Einspeisegesetzen</li> <li>◦ Wichtige Finanzierungsprogramme</li> </ul> </li> <li>4. CDM Projekte - Warum, wie, Beispiele                         <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Übersicht CDM Prozess</li> <li>◦ Beispiele</li> <li>◦ Übungsaufgabe CDM</li> </ul> </li> <li>5. Ländliche Elektrifizierung und Hybridsysteme - ein wichtiger Zukunftsmarkt für EE                         <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Ländliche Elektrifizierung - Einführung</li> <li>◦ Typen von Elektrifizierungsprojekten</li> <li>◦ Die Rolle der EE</li> <li>◦ Auslegung von Hybridsystemen</li> <li>◦ Projektbeispiel: Hybridsystem Galapagos Inseln</li> </ul> </li> <li>6. Ausschreibungsverfahren für EE Projekte - Beispiele                         <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Südafrika</li> <li>◦ Brasilien</li> </ul> </li> <li>7. Ausgewählte Projektbeispiele aus der Sicht einer Entwicklungsbank - Wesley Urena Vargas, KfW Entwicklungsbank                         <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Geothermie</li> <li>◦ Wind oder CSP</li> </ul> </li> </ol> <p>Innerhalb des Seminars werden die verschiedenen Themenschwerpunkte aktiv diskutiert und auf verschiedene Anwendungsfälle angewandt.</p> |
| <b>Literatur</b>  | Folien der Vorlesung  |

| <b>Lehrveranstaltung L0013: Wasserkraftnutzung</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>   | 1  |
| <b>LP</b>  | 1  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                   | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14   |
| <b>Dozenten</b>                                    | Prof. Stefan Achleitner  |
| <b>Sprachen</b>                                    | DE   |
| <b>Zeitraum</b>                                    | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung; Bedeutung der Wasserkraft im nationalen und globalen Kontext</li> <li>• Physikalische Grundlagen: Bernoulli-Gleichung, nutzbare Fallhöhe, hydrologische Grundlagen, Verlustmechanismen, Wirkungsgrade</li> <li>• Einteilung der Wasserkraft: Lauf- und Speicherwasserkraft, Nieder- und Hochdruckanlagen</li> <li>• Aufbau von Wasserkraftanlagen: Darstellung der einzelnen Komponenten und ihres systemtechnischen Zusammenspiels                         <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Bautechnische Komponenten; Darstellung von Dämmen, Wehren, Staumauern, Krafthäusern, Rechenanlagen etc.</li> <li>◦ Energietechnische Komponenten: Darstellung der unterschiedlichen Arten der hydraulischen Strömungsmaschinen, der Generatoren und der Netzanbindung</li> </ul> </li> <li>• Wasserkraft und Umwelt</li> <li>• Beispiele aus der Praxis</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schröder, W.; Euler, G.; Schneider, K.: Grundlagen des Wasserbaus; Werner, Düsseldorf, 1999, 4. Auflage</li> <li>• Quaschnig, V.: Regenerative Energiesysteme: Technologie - Berechnung - Simulation; Carl Hanser, München, 2011, 7. Auflage</li> <li>• Giesecke, J.; Heimerl, S.; Mosony, E.: Wasserkraftanlagen - Planung, Bau und Betrieb; Springer, Berlin, Heidelberg, 2009, 5. Auflage</li> <li>• von König, F.; Jehle, C.: Bau von Wasserkraftanlagen - Praxisbezogene Planungsunterlagen; C. F. Müller, Heidelberg, 2005, 4. Auflage</li> <li>• Strobl, T.; Zunic, F.: Wasserbau: Aktuelle Grundlagen - Neue Entwicklungen; Springer, Berlin, Heidelberg, 2006</li> </ul>   |

| <b>Lehrveranstaltung L0011: Windenergieanlagen</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>   | 2   |
| <b>LP</b>  | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                   | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>                                    | Dr. Rudolf Zellermann, Dr. Jochen Oexmann   |
| <b>Sprachen</b>                                    | DE  |
| <b>Zeitraum</b>                                    | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Historische Entwicklung</li> <li>• Wind: Entstehung, geographische und zeitliche Verteilung, Standorte</li> <li>• Leistungsbeiwert, Rotorschub</li> <li>• Aerodynamik des Rotors</li> <li>• Betriebsverhalten</li> <li>• Leistungsbegrenzung, Teillast, Pitch und Stall, Regelung</li> <li>• Anlagenauswahl, Ertragsprognose, Wirtschaftlichkeit</li> <li>• Exkursion</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>                                   | Gasch, R., Windkraftanlagen, 4. Auflage, Teubner-Verlag, 2005   |

| <b>Lehrveranstaltung L0012: Windenergienutzung - Schwerpunkt Offshore</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>  | 1   |
| <b>LP</b>   | 1   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14  |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Martin Skiba  |
| <b>Sprachen</b>   | DE  |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung , Bedeutung der Offshore-Windstromerzeugung, Besondere Anforderungen an die Offshore-Technik</li> <li>• Physikalische Grundlagen zur Nutzung der Windenergie</li> <li>• Aufbau und Funktionsweise von Offshore-Windenergieanlagen, Vorstellung unterschiedlicher Konzepte von Offshore-Windenergieanlagen, Darstellung der einzelnen Systemkomponenten und deren systemtechnisches Zusammenspiel</li> <li>• Gründungstechnik, Offshore-Baugrunderkundung, Vorstellung unterschiedlicher Konzepte von Offshore-Gründungsstrukturen, Planung und Fabrikation von Gründungsstrukturen</li> <li>• Elektrische Infrastruktur eines Offshore-Windparks, Innerpark-Verkabelung, Offshore-Umspannwerk, Netzanbindung</li> <li>• Installation von Offshore-Windparks, Installationstechniken und Hilfsgeräte, Errichtungslogistik</li> <li>• Entwicklung und Planung eines Offshore-Windparks</li> <li>• Betrieb und Optimierung von Offshore-Windparks</li> <li>• Tagesexkursion</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gasch, R.; Twele, J.: Windkraftanlagen - Grundlagen, Entwurf, Planung und Betrieb; Vieweg + Teubner, Stuttgart, 2007, 7. Auflage</li> <li>• Molly, J. P.: Windenergie - Theorie, Anwendung, Messung; C. F. Müller, Heidelberg, 1997, 3. Auflage</li> <li>• Hau, E.: Windkraftanlagen; Springer, Berlin, Heidelberg, 2008, 4. Auflage</li> <li>• Heier, S.: Windkraftanlagen - Systemauslegung, Integration und Regelung; Vieweg + Teubner, Stuttgart, 2009, 5. Auflage</li> <li>• Jarass, L.; Obermair, G.M.; Voigt, W.: Windenergie: Zuverlässige Integration in die Energieversorgung; Springer, Berlin, Heidelberg, 2009, 2. Auflage</li> </ul>   |

| Modul M0518: Waste and Energy                 |   |   |  |
|---|---|---|--|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                    |   |   |  |
| <b>Titel</b>                                  |   | <b>Typ</b>                                    | <b>SWS</b> <b>LP</b>                               |
| Abfallverwertungstechnologien (L0047)         |   | Vorlesung                                     | 2            2                                     |
| Abfallverwertungstechnologien (L0048)         |   | Gruppenübung                                  | 1            2                                     |
| Energie aus Abfall (L0049)                    |   | Projekt-/problembasierte<br>Lehrveranstaltung | 2            2                                     |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                  | Prof. Kerstin Kuchta  |   |  |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>              | None  |   |  |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>               | Basics of process engineering   |   |  |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht   |   |  |
| <b>Fachkompetenz</b>                          |   |   |  |
| <i>Wissen</i>                                 | Students are able to describe and explain in detail techniques, processes and concepts for treatment and energy recovery from wastes.   |   |  |
| <i>Fertigkeiten</i>                           | The students are able to select suitable processes for the treatment and energy recovery of wastes. They can evaluate the efforts and costs for processes and select economically feasible treatment Concepts. Students are able to evaluate alternatives even with incomplete information. Students are able to prepare systematic documentation of work results in form of reports, presentations and are able to defend their findings in a group. |   |  |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                  |   |   |  |
| <i>Sozialkompetenz</i>                        | Students can participate in subject-specific and interdisciplinary discussions, develop cooperated solutions and defend their own work results in front of others and promote the scientific development of colleagues. Furthermore, they can give and accept professional constructive criticism.  |   |  |
| <i>Selbstständigkeit</i>                      | Students can independently tap knowledge of the subject area and transform it to new questions. They are capable, in consultation with supervisors, to assess their learning level and define further steps on this basis. Furthermore, they can define targets for new application-or research-oriented duties in accordance with the potential social, economic and cultural impact.  |   |  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>              | Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70   |   |  |
| <b>Leistungspunkte</b>                        | 6   |   |  |
| <b>Studienleistung</b>                        | <b>Verpflichtend</b>  | <b>Anteil</b>                                 | <b>Art der Studienleistung</b> <b>Beschreibung</b> |
|   | Ja  | 20 %  | Schriftliche Ausarbeitung                          |
| <b>Prüfung</b>                                | Referat   |   |  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>              | Vortrag mithilfe von Powerpoint-Folien (10-15 Minuten)  |   |  |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>       | Environmental Engineering: Vertiefung Abfall und Energie: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Regenerative Energien: Wahlpflicht<br>Joint European Master in Environmental Studies - Cities and Sustainability: Kernqualifikation: Pflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht                             |   |  |

| <b>Lehrveranstaltung L0047: Waste Recycling Technologies</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                             | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Kerstin Kuchta   |
| <b>Sprachen</b>  | EN   |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamentals on primary and secondary production of raw materials (steel, aluminum, phosphorous, copper, precious metals, rare metals)</li> <li>• Use and demand of metals and minerals in industry and society</li> <li>• collection systems and concepts</li> <li>• quota and efficiency</li> <li>• Advanced sorting technologies</li> <li>• mechanical pretreatment</li> <li>• advanced treatment</li> <li>• Chemical analysis of Critical Materials in post-consumer products</li> <li>• Analytical tools in Resource Management (Material Flow Analysis, Recycling Performance Indicators, Criticality Assessment, statistical analysis of uncertainties)</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>   |  |

| <b>Lehrveranstaltung L0048: Waste Recycling Technologies</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Gruppenübung   |
| <b>SWS</b>   | 1  |
| <b>LP</b>  | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                             | Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14   |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Kerstin Kuchta   |
| <b>Sprachen</b>  | EN   |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamentals on primary and secondary production of raw materials (steel, aluminum, phosphorous, copper, precious metals, rare metals)</li> <li>• Use and demand of metals and minerals in industry and society</li> <li>• collection systems and concepts</li> <li>• quota and efficiency</li> <li>• Advanced sorting technologies</li> <li>• mechanical pretreatment</li> <li>• advanced treatment</li> <li>• Chemical analysis of Critical Materials in post-consumer products</li> <li>• Analytical tools in Resource Management (Material Flow Analysis, Recycling Performance Indicators, Criticality Assessment, statistical analysis of uncertainties)</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>   |  |

| Lehrveranstaltung L0049: Waste to Energy |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>                               | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung   |
| <b>SWS</b>                               | 2  |
| <b>LP</b>                                | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>         | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>                          | Prof. Rüdiger Siechau  |
| <b>Sprachen</b>                          | EN   |
| <b>Zeitraum</b>                          | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Project-based lecture</li> <li>• Introduction into the " Waste to Energy " consisting of:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Thermal Process ( incinerator , RDF combustion )</li> <li>◦ Biological processes ( Wet-/Dryfermentation )</li> <li>◦ technology , energy , emissions, approval , etc.</li> </ul> </li> <li>• Group work                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ design of systems/plants for energy recovery from waste</li> <li>◦ The following points are to be processed :                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Input: waste ( fraction collection and transportation, current quantity , material flows , possible amount of development )</li> <li>▪ Plant (design, process diagram , technology, energy production )</li> <li>▪ Output ( energy quantity / type , by-products )</li> <li>▪ Costs and revenues</li> <li>▪ Climate and resource protection ( CO2 balance , substitution of primary raw materials / fossil fuels )</li> <li>▪ Location and approval (infrastructure , expiration authorization procedure)</li> <li>▪ Focus at the whole concept ( advantages, disadvantages , risks and opportunities , discussion )</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• Grading: No Exam , but presentation of the results of the working group</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>                         | <p><b>Literatur:</b></p> <p>Einführung in die Abfallwirtschaft; Martin Kranert, Klaus Cord-Landwehr (Hrsg.); Vieweg + Teubner Verlag; 2010</p> <p>Powerpoint-Folien in Stud IP</p> <p><b>Literature:</b></p> <p>Introduction to Waste Management; Kranert Martin , Klaus Cord - Landwehr (Ed. ), Vieweg + Teubner Verlag , 2010</p> <p>PowerPoint slides in Stud IP</p>  |

| Modul M0749: Abfallbehandlung und Feststoffverfahrenstechnik |   |            |           |
|--|---|------------|-----------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                                   |   |            |           |
| <b>Titel</b>   | <b>Typ</b>  | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
| Feststoffverfahrenstechnik für Biomassen (L0052)             | Vorlesung   | 2          | 2         |
| Thermische Abfallbehandlung (L0320)                          | Vorlesung   | 2          | 2         |
| Thermische Abfallbehandlung (L1177)                          | Hörsaalübung  | 1          | 2         |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                                 | Prof. Kerstin Kuchta  |            |           |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                             | Keine   |            |           |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                              | Grundlagen der Thermodynamik,<br>Grundlagen Strömungsmechanik<br>Grundlagen der Chemie  |            |           |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>                | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht   |            |           |
| <b>Fachkompetenz</b>   | Die Studierenden können aktuelle Frage- und Problemstellungen aus dem Gebiet der thermischen Abfallbehandlungstechnik und der Feststoffverfahrenstechnik benennen, beschreiben und in den Gesamtkontext des Fachs einordnen.  |            |           |
| <i>Wissen</i>  | Dabei können sie verschiedene Arten von Verbrennungs- und Aufbereitungstechniken unterscheiden und beschreiben, zum Beispiel Rostfeuerung, Pyrolyse, Pelletierung.  |            |           |
|  | Die Studierenden sind in der Lage, Apparate der thermischen Abfallbehandlungstechnik und der Feststoffverfahrenstechnik zu konzipieren und auszulegen.  |            |           |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                                 | Die Studierenden sind in der Lage, geeignete Verfahren für die Behandlung bestimmter Abfälle oder Rohstoffe in Abhängigkeit von deren Charakteristika und den Zielsetzungen auszuwählen. Sie können den technischen Aufwand und die ökologischen Folgen der Technologien abschätzen .   |            |           |
| <i>Fertigkeiten</i>  |   |            |           |
| <b>Sozialkompetenz</b>                                       | Die Studierenden können   |            |           |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• respektvoll in der Gruppe lernen und technische Fragestellungen diskutieren,</li> <li>• wissenschaftliche Aufgabenstellungen fachspezifische und fachübergreifende diskutieren,</li> <li>• gemeinsame Lösungen entwickeln,</li> <li>• fachliche konstruktives Feedback geben und mit Rückmeldungen zu ihrem eigenen Leistungen umgehen.</li> </ul>   |            |           |
| <b>Selbstständigkeit</b>                                     | Die Studierenden können sich selbstständig Quellen über das jeweilige Fachgebiet erschließen, sich das darin enthaltene Wissen aneignen und auf neue Fragestellungen transformieren. Sie sind fähig in Rücksprache mit Lehrenden ihren jeweiligen Lernstand konkret zu beurteilen und dieser Basis weitere Fragestellungen und für die Lösung notwendigen Arbeitsschritte zu definieren.  |            |           |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                             | Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70   |            |           |
| <b>Leistungspunkte</b>                                       | 6   |            |           |
| <b>Studienleistung</b>                                       | Keine   |            |           |
| <b>Prüfung</b>   | Klausur   |            |           |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                             | 120 min   |            |           |
| <b>Zuordnung zu folgenden</b>                                | Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Energie- und Umwelttechnik: Vertiefung Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Regenerative Energien: Wahlpflicht |            |           |

|                  |  |
|------------------|--|
| <b>Curricula</b> | Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Pflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht |
|------------------|--|

| <b>Lehrveranstaltung L0052: Feststoffverfahrenstechnik für Biomassen</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Werner Sitzmann  |
| <b>Sprachen</b>  | DE   |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>  | Die großtechnische Anwendung verfahrenstechnischer Grundoperationen wird an aktuellen Beispielen der Verarbeitung fester Biomassen demonstriert. Hierzu gehören unter anderem: Zerkleinern, Fördern und Dosieren, Trocknen und Agglomerieren nachwachsender Rohstoffe im Rahmen der Herstellung von Brennstoffen, der Bioethanolerzeugung, der Gewinnung und Veredelung von Pflanzenölen, von Biomass-to-liquid-Prozessen sowie der Herstellung von wood-plastic-composites. Aspekte zum Explosionsschutz und zur Anlagenplanung ergänzen die Vorlesung. |
| <b>Literatur</b>   | Kaltschmitt M., Hartmann H. (Hrsg.): Energie aus Bioamasse, Springer Verlag, 2001, ISBN 3-540-64853-4<br><br>Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe,<br>Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. <a href="http://www.nachwachsende-rohstoffe.de">www.nachwachsende-rohstoffe.de</a><br><br>Bockisch M.: Nahrungsfette und -öle, Ulmer Verlag, 1993, ISBN 380000158175   |

| <b>Lehrveranstaltung L0320: Thermal Waste Treatment</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                        | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Kerstin Kuchta  |
| <b>Sprachen</b>   | EN  |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction, actual state-of-the-art of waste incineration, aims. legal background, reaction principals</li> <li>• basics of incineration processes: waste composition, calorific value, calculation of air demand and flue gas composition</li> <li>• Incineration techniques: grate firing, ash transfer, boiler</li> <li>• Flue gas cleaning: Volume, composition, legal frame work and emission limits, dry treatment, scrubber, de-nox techniques, dioxin elimination, Mercury elimination</li> <li>• Ash treatment: Mass, quality, treatment concepts, recycling, disposal</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>  | Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Thermische Abfallbehandlung Bande 1-7. EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik, Berlin, 196 - 2013.   |

| <b>Lehrveranstaltung L1177: Thermal Waste Treatment</b> |                                    |
|---|------------------------------------|
| <b>Typ</b>  | Hörsaalübung                       |
| <b>SWS</b>  | 1                                  |
| <b>LP</b>   | 2                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                        | Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14 |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Kerstin Kuchta               |
| <b>Sprachen</b>   | EN                                 |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe                               |
| <b>Inhalt</b>   | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

| M o d u l M1308: Modellierung und technische Auslegung von Bioraffinerieprozessen |   |            |           |
|---|---|------------|-----------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>  |   |            |           |
| <b>Titel</b>  | <b>Typ</b>  | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
| Bioraffinerien - Technische Auslegung und Optimierung (L1832)                     | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung  | 3          | 3         |
| CAPE bei Energieprojekten (L0022)   | Projektierungskurs  | 3          | 3         |
| <b>Modulverantwortlicher</b>  | Prof. Martin Kaltschmitt  |            |           |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>  | Keine   |            |           |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>   | Bachelorabschluss in Verfahrenstechnik, Bioverfahrenstechnik oder Energie- und Umwelttechnik  |            |           |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>                                     | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht   |            |           |
| <b>Fachkompetenz</b>  | <p><i>Wissen</i></p> <p>Studierende können nach der Teilnahme an der Veranstaltung einen verfahrenstechnischen Prozess umfassend auslegen. Dazu gehören die Erstellung von Massen- und Energiebilanzen, die Auslegung verfahrenstechnischer Apparate, die Festlegung von Messtechniken und Regelkreisen für die einzelnen Apparate sowie die Modellierung des Gesamtprozesses.</p> <p>Des Weiteren können sie die Grundlagen zur allgemeinen Vorgehensweise bei der Bearbeitung von Modellierungsaufgaben, insbesondere mit ASPEN PLUS® und ASPEN CUSTOM MODELER® beschreiben.</p> <p>Die Studierenden sind in der Lage zur Lösung von Simulations- und Anwendungsaufgaben der erneuerbaren Energietechnik:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• modulübergreifende Lösungsansätze zur Auslegung und Darstellung von Produktionsprozessen</li> <li>• auch bei unvollständiger Information in der zu bearbeitenden Aufgabe alternative Eingangsparameter abzuwägen,</li> <li>• die Arbeitsergebnisse durch Ausarbeitung einer schriftlichen Arbeit, durch die Präsentation eines Vortrags und der Verteidigung der Inhalte systematische zu dokumentieren.</li> </ul> <p><i>Fertigkeiten</i></p> <p>Sie können die ASPEN PLUS ® and ASPEN CUSTOM MODELER ® zur Modellierung energetischer Systeme anwenden und die Simulationslösung bewerten.</p> <p>Durch aktive Diskussionen der verschiedenen Themenschwerpunkte innerhalb der Seminare und Übungen des Moduls verbessern die Studierenden das Verständnis und die Anwendung der theoretischen Grundlagen und sind so in der Lage das Gelernte auf die Praxis zu übertragen.</p> |            |           |
| <b>Personale Kompetenzen</b>  | <p><i>Sozialkompetenz</i></p> <p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• im Team von circa 2-3 Personen zusammenarbeiten,</li> <li>• wissenschaftliche Aufgabenstellungen zur Auslegung von Prozessen fachspezifisch und fachübergreifend diskutieren und gemeinsame Lösungen entwickeln,</li> <li>• ihre eigenen Arbeitsergebnisse vor Kommilitonen vertreten und</li> </ul> <p>die Leistungen der Kommilitonen im Vergleich zu Ihrer eigenen Leistung einschätzen und mit Rückmeldungen zu ihren eigenen Leistungen umgehen.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i></p> <p>Die Studierenden können sich selbstständig Quellen über die zu bearbeitende Fragestellung erschließen, sich das darin enthaltene Wissen aneignen. Sie sind fähig in Rücksprache mit Lehrenden ihren jeweiligen Lernstand konkret zu beurteilen und dieser Basis weitere Fragestellungen und für die Lösung notwendigen Arbeitsschritte zu definieren.</p>  |            |           |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84  |            |           |
| <b>Leistungspunkte</b>  | 6   |            |           |
| <b>Studienleistung</b>  | Keine   |            |           |

|   |   |
|---|---|
| <b>Prüfung</b>                          | Schriftliche Ausarbeitung   |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>        | Schriftliche Ausarbeitung inkl. Vortrag   |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b> | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Kernqualifikation: Pflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht |

| <b>Lehrveranstaltung L1832: Bioraffinerien - Technische Auslegung und Optimierung</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung   |
| <b>SWS</b>  | 3  |
| <b>LP</b>   | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42   |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Oliver Lüdtke  |
| <b>Sprachen</b>   | DE   |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>   | <p><b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b><br/>                     Prozess- und Anlagentechnik I und II</p> <p>Thermische Grundoperationen<br/>                     Wärme- und Stoffübertragung<br/>                     Strömungsmechanik I und II</p> <p><b>I. Wiederholung Grundlagen:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rohrbündel Wärmeübertrager</li> <li>2. Dampfkessel und Kältemaschinen</li> <li>3. Pumpen und Turbinen</li> <li>4. Strömung in Rohrleitungssystemen</li> <li>5. Pumpen und Mischen nicht-newtonscher Fluide</li> <li>6. Anforderungen eines detaillierten Anlagen-Aufstellungsplans</li> </ol> <p><b>II. Selbstständiges Rechnen:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Das Planen und Auslegen eines spezifischen Anlagenteils einer Bioraffinerie in Gruppenarbeit (z.B. Ethanoldestillation oder Fermentation) auf Basis realistischer Annahmen aus der Industrie.                         <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Massen- &amp; Energiebilanzen (Aspen)</li> <li>◦ Spezifische Apparate Auslegung (Wärmetauscher/Pumpen/Behälter/Rohre etc.)</li> <li>◦ Isolierungen, Wanddicken und Behälter Material</li> <li>◦ Energie-, Dampf-, Kühlbedarf</li> <li>◦ Armaturen und Messinstrumente sowie Sicherheitseinrichtungen</li> <li>◦ Vorgabe der Hauptregelkreise</li> </ul> </li> <li>2. Dabei wird der Zusammenhang und die Abhängigkeiten verschiedener Phänomene deutlich und die Beschreibung des Prozesses erfolgt anhand einer tatsächlich existierenden Anlage.</li> <li>3. Im Detail Engineering wird besonders auf Aspekte der Anlagenplanung eingegangen, die bei der realen Umsetzung zur Konstruktion entscheidend sind. So kann ein hoher Detailgrad erreicht werden mit dem es möglich ist einen Aufstellungsplan zu konzipieren.</li> <li>4. Je nach Zeitbedarf und Gruppengröße werden auch Kostenabschätzung und die Erstellung eines ausführlichen R&amp;I Fließbildes betrachtet</li> </ol> |
| <b>Literatur</b>  | Perry, R.;Green, R.: Perry's Chemical Engineers' Handbook, 8 <sup>th</sup> Edition, McGraw Hill Professional, 2007<br><br>Sinnott, R. K.: Chemical Engineering Design, Elsevier, 2014  |

| Lehrveranstaltung L0022: CAPE bei Energieprojekten |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Projektierungskurs  |
| <b>SWS</b>   | 3   |
| <b>LP</b>  | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                   | Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42  |
| <b>Dozenten</b>                                    | Prof. Martin Kaltschmitt  |
| <b>Sprachen</b>                                    | DE  |
| <b>Zeitraum</b>                                    | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• CAPE = <i>Computer-Aided-Project-Engineering</i></li> <li>• EINFÜHRUNG IN DIE THEORIE                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Klassen von Simulationsprogrammen</li> <li>◦ Sequentiell-modularer Ansatz</li> <li>◦ Gleichungsorientierter Ansatz</li> <li>◦ Simultan-modularer Ansatz</li> <li>◦ Allgemeine Vorgehensweise bei der Bearbeitung von Modellierungsaufgaben</li> <li>◦ Spezielle Vorgehensweise zur Lösung von Modellen mit Rückführungen</li> </ul> </li> <li>• COMPUTER-ÜBUNGEN zu <b>erneuerbaren Energieprojekten</b> MIT ASPEN PLUS® UND ASPEN CUSTOM MODELER®                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Anwendungsbereich, Potential und Grenzen von Aspen Plus® und Aspen Custom Modeler®</li> <li>◦ Benutzung der integrierten Datenbanken für Stoffdaten</li> <li>◦ Methoden zur Abschätzung nicht vorhandener physikalischer Stoffdaten</li> <li>◦ Benutzung der Modellbibliotheken und Prozesssynthese</li> <li>◦ Anwendung von Design-Spezifikationen und Sensitivitätsanalysen</li> <li>◦ Lösung von Optimierungsproblemen</li> </ul> </li> </ul> <p>Innerhalb des Seminars werden die verschiedenen Aufgabenstellungen aktiv diskutiert und auf verschiedene Anwendungsfälle angewandt.</p> |
| <b>Literatur</b>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspen Plus® - Aspen Plus User Guide</li> <li>• William L. Luyben; Distillation Design and Control Using Aspen Simulation; ISBN-10: 0-471-77888-5</li> </ul>  |

| <b>M o d u l M1287: Risikomanagement, Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie</b> |  |            |           |
|--|--|------------|-----------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>   |  |            |           |
| <b>Titel</b>   | <b>Typ</b>   | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
| Angewandte Brennstoffzellentechnologie (L1831)   | Vorlesung  | 2          | 2         |
| Risikomanagement in der Energiewirtschaft (L1748)                                      | Vorlesung  | 2          | 2         |
| Wasserstofftechnologie (L0060)   | Vorlesung  | 2          | 2         |
| <b>Modulverantwortlicher</b>   | Prof. Martin Kaltschmitt   |            |           |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>   | Keine  |            |           |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>  | Keine  |            |           |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>  | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |            |           |
| <b>Fachkompetenz</b>   | <p>Mit Abschluss dieses Moduls können die Studierenden die Grundlagen des Risikomanagements unter Einbeziehung fachangrenzender Kontexte erläutern und die optimale Nutzung von Energiesystemen beschreiben.</p> <p><i>Wissen</i> Des Weiteren können die Studierenden solide theoretische Kenntnisse über die Potenziale und Anwendungen neuer Informationstechnologien in der Logistik wiedergeben und fachangrenzende Aspekte der Nutzung, Herstellung und Aufbereitung von Wasserstoff erläutern.</p> <p>Mit Abschluss dieses Moduls sind die Studierenden in der Lage Risiken von Energiesysteme unter energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen zu bewerten. Die beinhaltet auch, dass die Studierenden unter anderem in der Lage sind Risiken in der Einsatzplanung von Kraftwerkparcs aus technischer, ökonomischer und ökologischer Sicht zu beurteilen.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> In diesem Zusammenhang können die Studierenden auch die Potenziale von Logistik- und Informationstechnologie insbesondere auf energetische Problemstellungen einschätzen.</p> <p>Zusätzlich sind die Studierenden in der Lage den Energieträger Wasserstoff auf seine Anwendungsmöglichkeiten, die gegebene Sicherheit und bezüglich der vorhandenen Nutzungspotenziale und -grenzen zu beschreiben und aus technischer, ökologischer und ökonomischer Sicht zu beurteilen.</p> |            |           |
| <b>Personale Kompetenzen</b>   | <p><i>Sozialkompetenz</i> Die Studierenden können Problemstellungen in den angrenzenden Themengebieten im Bereich erneuerbarer Energien, die innerhalb des Moduls vertieft wurden, diskutieren.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Die Studierenden können sich selbstständig Quellen über die Schwerpunkte der Vorlesungen erschließen und sich das enthaltene Wissen aneignen. Auf diese Weise erkennen sich eigenständig Schwächen innerhalb ihres Leistungsstandes.</p>   |            |           |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84   |            |           |
| <b>Leistungspunkte</b>   | 6  |            |           |
| <b>Studienleistung</b>   | Keine  |            |           |
| <b>Prüfung</b>   | Klausur  |            |           |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>   | 3 Stunden Klausur  |            |           |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>  | Energie- und Umwelttechnik: Vertiefung Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Windenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht  |            |           |

| <b>Lehrveranstaltung L1831: Angewandte Brennstoffzellentechnologie</b> |                                    |
|--|------------------------------------|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung                          |
| <b>SWS</b>   | 2                                  |
| <b>LP</b>  | 2                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in</b>   | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |

| <b>Stunden</b>                                     |   |       |         |   |  |  |   |                      |  |   |   |                       |  |  |  |
|--|---|-------|---------|---|--|--|---|----------------------|--|---|---|-----------------------|--|--|--|
| <b>Dozenten</b>                                    | Dr. Klaus Bonhoff   |       |         |   |  |  |   |                      |  |   |   |                       |  |  |  |
| <b>Sprachen</b>                                    | DE  |       |         |   |  |  |   |                      |  |   |   |                       |  |  |  |
| <b>Zeitraum</b>                                    | SoSe  |       |         |   |  |  |   |                      |  |   |   |                       |  |  |  |
|  | <p>Die Vorlesung gibt einen Einblick in die vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten von Brennstoffzellen im Energiesystem (Strom, Wärme und Verkehr). Dazu werden für einzelne Brennstoffzellentypen und anwendungsorientierten Anforderungsprofile dargestellt und diskutiert; auch im Systemvergleich mit alternativen Technologien. Für die einzelnen Varianten wird der aktuelle Stand der Technologie mit Praxisbeispielen aus Deutschland und weltweit vorgestellt. Auch wird auf die sich abzeichnenden Entwicklungstendenzen und Entwicklungslinien - und die in den kommenden Jahren zu erwartenden Technologien - eingegangen. Neben den technischen Aspekten, die den Schwerpunkt der Veranstaltung darstellen, werden auch energie-, umwelt- und industriepolitische Aspekte - auch im Kontext der sich verändernden Gegebenheiten im deutschen und internationalen Energiesystem - diskutiert.</p>  |       |         |   |  |  |   |                      |  |   |   |                       |  |  |  |
| <b>Inhalt</b>                                      | <table border="0"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Thema</th> <th style="text-align: left;">Inhalte</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Einführung in die Brennstoffzellentechnologie</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nachhaltiges Energiesystem (Ausbau erneuerbarer Energien, Dezentralisierung, ...)</li> <li>• Sektorkopplung (Strom, Wärme, Verkehr)</li> <li>• Politischer Rahmen (Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie, ...)</li> <li>• Regulativer Rahmen (EU-Richtlinien, Nationale Gesetzgebung)</li> <li>• Vorteile der Brennstoffzelle (Systemwirkungsgrad, Emissionen, ...)</li> <li>• Innovationsprozess / Einordnung BZ</li> <li>• Anwendungsfelder für Brennstoffzellensysteme (Verkehr: Pkw, Busse (ÖPNV), Schiene; stationär: Hausenergieversorgung, KWK; Industrie/Gewerbe; Spezielle Märkte: Logistikanwendungen (Gabelstapler, Flughäfen, ...), Stromversorgung für kritische Infrastrukturen (Behördenfunk, Telekommunikation, autarke Energiesysteme, ...)</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td>Technische Grundlagen von Brennstoffzellensystemen</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einordnung unterschiedlicher Brennstoffzellentypen (Hochtemperatur-, Niedertemperaturbrennstoffzellen)</li> <li>• Anwendungsspezifische Systemanforderungen</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td>Brennstoffzellen-Pkw</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Historie</li> <li>• Status Quo (Systemkonzepte, Speichertechnologien, ...)</li> <li>• Internationaler Vergleich (Automobilindustrie, Politik, ...)</li> <li>• Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td>Wasserstoffinfrastruktur für Brennstoffzellen-Pkw</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tankstellentechnologie</li> <li>• Ausbau von Tankstellennetzwerken (D, EU, weltweit)</li> <li>• Wasserstoff aus erneuerbaren Energien</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td>Brennstoffzellenbusse</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alternativen für emissionsfreien ÖPNV</li> <li>• Anbieter</li> <li>• Anforderungen für Busbetreiber (Infrastruktur, Werkstätten, ...)</li> <li>• Status Quo/Perspektiven</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td></td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nicht-elektrifizierte Nebenstrecken in</li> </ul> </td> </tr> </tbody> </table> | Thema | Inhalte | Einführung in die Brennstoffzellentechnologie | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nachhaltiges Energiesystem (Ausbau erneuerbarer Energien, Dezentralisierung, ...)</li> <li>• Sektorkopplung (Strom, Wärme, Verkehr)</li> <li>• Politischer Rahmen (Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie, ...)</li> <li>• Regulativer Rahmen (EU-Richtlinien, Nationale Gesetzgebung)</li> <li>• Vorteile der Brennstoffzelle (Systemwirkungsgrad, Emissionen, ...)</li> <li>• Innovationsprozess / Einordnung BZ</li> <li>• Anwendungsfelder für Brennstoffzellensysteme (Verkehr: Pkw, Busse (ÖPNV), Schiene; stationär: Hausenergieversorgung, KWK; Industrie/Gewerbe; Spezielle Märkte: Logistikanwendungen (Gabelstapler, Flughäfen, ...), Stromversorgung für kritische Infrastrukturen (Behördenfunk, Telekommunikation, autarke Energiesysteme, ...)</li> </ul> | Technische Grundlagen von Brennstoffzellensystemen | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einordnung unterschiedlicher Brennstoffzellentypen (Hochtemperatur-, Niedertemperaturbrennstoffzellen)</li> <li>• Anwendungsspezifische Systemanforderungen</li> </ul> | Brennstoffzellen-Pkw | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Historie</li> <li>• Status Quo (Systemkonzepte, Speichertechnologien, ...)</li> <li>• Internationaler Vergleich (Automobilindustrie, Politik, ...)</li> <li>• Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen</li> </ul> | Wasserstoffinfrastruktur für Brennstoffzellen-Pkw | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tankstellentechnologie</li> <li>• Ausbau von Tankstellennetzwerken (D, EU, weltweit)</li> <li>• Wasserstoff aus erneuerbaren Energien</li> </ul> | Brennstoffzellenbusse | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alternativen für emissionsfreien ÖPNV</li> <li>• Anbieter</li> <li>• Anforderungen für Busbetreiber (Infrastruktur, Werkstätten, ...)</li> <li>• Status Quo/Perspektiven</li> </ul> |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nicht-elektrifizierte Nebenstrecken in</li> </ul> |
| Thema  | Inhalte   |       |         |   |  |  |   |                      |  |   |   |                       |  |  |  |
| Einführung in die Brennstoffzellentechnologie      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nachhaltiges Energiesystem (Ausbau erneuerbarer Energien, Dezentralisierung, ...)</li> <li>• Sektorkopplung (Strom, Wärme, Verkehr)</li> <li>• Politischer Rahmen (Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie, ...)</li> <li>• Regulativer Rahmen (EU-Richtlinien, Nationale Gesetzgebung)</li> <li>• Vorteile der Brennstoffzelle (Systemwirkungsgrad, Emissionen, ...)</li> <li>• Innovationsprozess / Einordnung BZ</li> <li>• Anwendungsfelder für Brennstoffzellensysteme (Verkehr: Pkw, Busse (ÖPNV), Schiene; stationär: Hausenergieversorgung, KWK; Industrie/Gewerbe; Spezielle Märkte: Logistikanwendungen (Gabelstapler, Flughäfen, ...), Stromversorgung für kritische Infrastrukturen (Behördenfunk, Telekommunikation, autarke Energiesysteme, ...)</li> </ul>  |       |         |   |  |  |   |                      |  |   |   |                       |  |  |  |
| Technische Grundlagen von Brennstoffzellensystemen | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einordnung unterschiedlicher Brennstoffzellentypen (Hochtemperatur-, Niedertemperaturbrennstoffzellen)</li> <li>• Anwendungsspezifische Systemanforderungen</li> </ul>   |       |         |   |  |  |   |                      |  |   |   |                       |  |  |  |
| Brennstoffzellen-Pkw                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Historie</li> <li>• Status Quo (Systemkonzepte, Speichertechnologien, ...)</li> <li>• Internationaler Vergleich (Automobilindustrie, Politik, ...)</li> <li>• Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen</li> </ul>  |       |         |   |  |  |   |                      |  |   |   |                       |  |  |  |
| Wasserstoffinfrastruktur für Brennstoffzellen-Pkw  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tankstellentechnologie</li> <li>• Ausbau von Tankstellennetzwerken (D, EU, weltweit)</li> <li>• Wasserstoff aus erneuerbaren Energien</li> </ul>   |       |         |   |  |  |   |                      |  |   |   |                       |  |  |  |
| Brennstoffzellenbusse                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alternativen für emissionsfreien ÖPNV</li> <li>• Anbieter</li> <li>• Anforderungen für Busbetreiber (Infrastruktur, Werkstätten, ...)</li> <li>• Status Quo/Perspektiven</li> </ul>  |       |         |   |  |  |   |                      |  |   |   |                       |  |  |  |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nicht-elektrifizierte Nebenstrecken in</li> </ul>  |       |         |   |  |  |   |                      |  |   |   |                       |  |  |  |

|                         |   |   |
|-------------------------|---|---|
|                         | <p>Brennstoffzellen für die Schiene</p> <p>Brennstoffzellen auf Schiffen und in der Luftfahrt</p> <p>Stationäre Brennstoffzellen in der Hausenergieversorgung</p> <p>Kraft-Wärme-Kopplung in stationären Brennstoffzellen in gewerblichen und industriellen Anwendungen</p> <p>Brennstoffzellen in der Logistik und für die Stromversorgung für kritische Infrastrukturen</p> | <p>Deutschland</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktuelle Aktivitäten</li> <li>• Perspektiven</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rahmenbedingungen für die maritime Wirtschaft</li> <li>• Kraftstoffe für Schiffsanwendungen</li> <li>• Anforderungen und Systemkonfigurationen für Schiffe</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systemvergleich (Strom und Wärme separat)</li> <li>• Status Quo</li> <li>• Markteinführung</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systemvergleich (Strom und Wärme separat)</li> <li>• Status Quo</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gabelstapler</li> <li>• Anwendungsbeispiel Flughafen</li> <li>• Back-up Power / Notstromversorgung (Telekommunikation, Behördenfunk, ...)</li> <li>• Autarke Energiesysteme (Inselstromversorgung, ...)</li> </ul> |
| <p><b>Literatur</b></p> | <p>Vorlesungsunterlagen</p>   |   |

| <b>Lehrveranstaltung L1748: Risikomanagement in der Energiewirtschaft</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>   | Christian Wulf   |
| <b>Sprachen</b>   | DE   |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen des Risikomanagements                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Begriffsdefinition</li> <li>◦ Risikoarten</li> <li>◦ Riskomanagementprozess</li> <li>◦ Enterprise Risk Management</li> </ul> </li> <li>• Märkte und Instrumente im Energiehandel                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Termin- und Spotkontrakte</li> <li>◦ Notierungen an Energiemärkten</li> <li>◦ Optionen</li> </ul> </li> <li>• Kennzahlendefinition                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Bewertung von Marktrisiken</li> <li>◦ Bewertung von Adressrisiken</li> <li>◦ Bewertung von operationellen Risiken</li> <li>◦ Bewertung von Liquiditätsrisiken</li> </ul> </li> <li>• Risikomonitoring- und Reporting</li> <li>• Risikobehandlung</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Roggi, O. (2012): Risk Taking: A Corporate Governance Perspective, International Finance Corporation, New York</li> <li>• Hull, J. C. (2012): Options, Futures, and other Derivatives, 8. Auflage, Pearson Verlag, New York</li> <li>• Albrecht, P.; Maurer, R. (2008): Investment- und Risikomanagement, 3. Auflage, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart</li> <li>• Rittenberg, L.; Martens, F. (2012): Understanding and Communicating Risk Appetite, Treadway Commission, Durham</li> </ul>  |

| <b>Lehrveranstaltung L0060: Wasserstofftechnologie</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                       | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>  | Dr. Martin Dornheim  |
| <b>Sprachen</b>  | DE   |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Energiewirtschaft</li> <li>2. Wasserstoffwirtschaft</li> <li>3. Vorkommen und Eigenschaften von Wasserstoff</li> <li>4. Herstellung von Wasserstoff (aus Kohlenwasserstoffen und durch Elektrolyse)</li> <li>5. Trennung und Reinigung</li> <li>6. Speicherung und Transport von Wasserstoff</li> <li>7. Sicherheit</li> <li>8. Brennstoffzellen</li> <li>9. Projekte</li> </ol> |
| <b>Literatur</b>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Skriptum zur Vorlesung</li> <li>• Winter, Nitsch: Wasserstoff als Energieträger</li> <li>• Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry</li> <li>• Kirk, Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology</li> <li>• Larminie, Dicks: Fuel cell systems explained</li> </ul>   |

| Modul M0705: Grundwasser                        |   |            |           |
|---|---|------------|-----------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                      |   |            |           |
| <b>Titel</b>                                    | <b>Typ</b>  | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
| Geohydraulik und Stofftransport (L0539)         | Vorlesung   | 2          | 2         |
| Geohydraulik und Stofftransport (L0540)         | Gruppenübung  | 1          | 1         |
| Simulation in der Grundwasserhydrologie (L0541) | Vorlesung   | 1          | 1         |
| Simulation in der Grundwasserhydrologie (L0542) | Gruppenübung  | 2          | 2         |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                    | NN  |            |           |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                | Keine   |            |           |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundwasserhydrologie</li> <li>• Hydromechanik</li> </ul>  |            |           |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>   | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht   |            |           |
| <b>Fachkompetenz</b>                            | Die Studierenden können das Verhalten von Schadstoffen im Untergrund auf dem Wirkungspfad zwischen Boden und Gewässer qualitativ und quantitativ fundiert erklären und mit mathematisch numerischen Simulationsmodellen nachbilden.   |            |           |
| <i>Wissen</i>                                   |   |            |           |
| <i>Fertigkeiten</i>                             | Die Studierenden sind in der Lage die Bewegung und Speicherung von Wasser in der wasserungesättigten Bodenzone konzeptionell zu beschreiben. Sie sind in der Lage pF- und Ku-Funktionen zu analysieren und zu ermitteln. Es ist ihnen möglich, den Transport von gelösten Schadstoffen in der Sickerwasser- und Grundwasserzone rechnerisch nachzubilden. Dispersivitäten, Sorptionskoeffizienten, Abbauraten und die Freisetzungsraten für organische und anorganische Schadstoffe können sie bestimmen.   |            |           |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                    |   |            |           |
| <i>Sozialkompetenz</i>                          | Die Studierenden können sich bei der Lösung von Problemstellungen gegenseitig Hilfestellung geben.  |            |           |
| <i>Selbstständigkeit</i>                        | keine   |            |           |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84  |            |           |
| <b>Leistungspunkte</b>                          | 6   |            |           |
| <b>Studienleistung</b>                          | Keine   |            |           |
| <b>Prüfung</b>                                  | Klausur   |            |           |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                | 60 min Klausur und schriftliche Ausarbeitungen  |            |           |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>         | Bauingenieurwesen: Vertiefung Tragwerke: Wahlpflicht<br>Bauingenieurwesen: Vertiefung Tiefbau: Wahlpflicht<br>Bauingenieurwesen: Vertiefung Hafenbau und Küstenschutz: Wahlpflicht<br>Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Pflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht |            |           |

| <b>Lehrveranstaltung L0539: Geohydraulik und Stofftransport</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Wilfried Schneider  |
| <b>Sprachen</b>   | DE  |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>   | Pumpversuchsauswertung, Wassergehalts-Wasserspannungs-Funktion, ungesättigte Leitfähigkeits-Funktion, Brooks-Corey-Relation, van Genuchten Relation, Stofftransport in der ungesättigten Bodenzone, Stofftransport und Reaktionen im Grundwasser, |
| <b>Literatur</b>  | Todd; K. (2005): Groundwater Hydrology<br>Fetter, C.W. (2001): Applied Hydrogeology<br>Hörling & Coldewey (2005): Hydrogeologie<br>Charbeneau, R.J. (2000): Groundwater Hydraulics and pollutant Transport  |

| <b>Lehrveranstaltung L0540: Geohydraulik und Stofftransport</b> |                                    |
|---|------------------------------------|
| <b>Typ</b>  | Gruppenübung                       |
| <b>SWS</b>  | 1                                  |
| <b>LP</b>   | 1                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Wilfried Schneider           |
| <b>Sprachen</b>   | DE                                 |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe                               |
| <b>Inhalt</b>   | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

| <b>Lehrveranstaltung L0541: Simulation in der Grundwasserhydrologie</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 1  |
| <b>LP</b>   | 1  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14   |
| <b>Dozenten</b>   | Sonja Götz (geb. Schröter)   |
| <b>Sprachen</b>   | DE   |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>   | Grundlagen und theoretischer Hintergrund der in Wissenschaft und Praxis häufig verwendeten Simulationsmodelle für Pumpversuchsauswertung, Wasserbewegung in der wasserungesättigten Zone, Transport von wasser gelösten Stoffen in der wasserungesättigten Zone, Grundwasserneubildung, Schadstofftransport im Grundwasser |
| <b>Literatur</b>  | Handbücher der verwendeten Simulationsmodelle werden bereitgestellt.   |

| <b>Lehrveranstaltung L0542: Simulation in der Grundwasserhydrologie</b> |                                    |
|---|------------------------------------|
| <b>Typ</b>  | Gruppenübung                       |
| <b>SWS</b>  | 2                                  |
| <b>LP</b>   | 2                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| <b>Dozenten</b>   | Sonja Götz (geb. Schröter)         |
| <b>Sprachen</b>   | DE                                 |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe                               |
| <b>Inhalt</b>   | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

| Modul M0876: Wasserchemisches Praktikum       |   |                |  |
|---|---|----------------|--|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                    |   |                |  |
| <b>Titel</b>                                  | <b>Typ</b>  | <b>SWS</b>     | <b>LP</b>  |
| Chemie der Trinkwasseraufbereitung (L0311)    | Vorlesung   | 2              | 1  |
| Chemie der Trinkwasseraufbereitung (L0312)    | Hörsaalübung  | 1              | 2  |
| Laborpraktikum Wasserchemie (L0965)           | Laborpraktikum  | 4              | 3  |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                  | Prof. Kerstin Kuchta  |                |  |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>              | Keine   |                |  |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>               | keine   |                |  |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht   |                |  |
| <b>Fachkompetenz</b>                          | <p><i>Wissen</i></p> <p>Die Studierenden können die Löslichkeit von Gasen, Kohlensäure-Gleichgewicht, Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht, Entsäuerung erklären, die Mischung von Wässern, Enthärtung und Redoxprozessen beschreiben und gesetzliche Anforderungen an die Aufbereitung detailliert erläutern.</p> <p><i>Fertigkeiten</i></p> <p>Die Studierende sind in der Lage, in der Gruppe Teilaufgaben zu definieren und zueinander abzugrenzen, diese Teilaufgaben selbständig zu bearbeiten und sie abschließend in die Gruppenergebnisse zu integrieren.</p> <p>Darüber hinaus sind die Teilnehmenden in der Lage Versuche durchzuführen, zu protokollieren und auszuwerten sowie Techniken, Messungen kritisch zu bewerten. Die Studierenden können technische Kommunikationstechniken auf schriftlicher Basis anwenden.</p> |                |  |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                  | <p><i>Sozialkompetenz</i></p> <p>Die Studierenden können wissenschaftliche Aufgabenstellungen fachspezifisch und fachübergreifend diskutieren, in der Kleingruppe (2-5 Personen) gemeinsame Lösungen entwickeln sowie ihre eigenen Arbeitsergebnisse vor Kommilitonen vertreten. Sie können fachlich konstruktives Feedback an Kommilitonen geben und mit Rückmeldungen zu ihren eigenen Leistungen umgehen.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i></p> <p>Die Studierenden können sich gegebene Literatur zu den Versuchen erschließen, sich das darin enthaltene Wissen aneignen und im Labor anwenden.</p>  |                |  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>              | Eigenstudium 82, Präsenzstudium 98  |                |  |
| <b>Leistungspunkte</b>                        | 6   |                |  |
| <b>Studienleistung</b>                        | <b>Verpflichtend</b>  | <b>Ordnung</b> | <b>Art der Studienleistung</b> <b>Beschreibung</b> |
|   | Ja  | Keiner         | Schriftliche Ausarbeitung                          |
| <b>Prüfung</b>                                | Klausur   |                |  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>              | 1 Stunde  |                |  |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>       | Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht   |                |  |

| <b>Lehrveranstaltung L0311: Chemie der Trinkwasseraufbereitung</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 1  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                   | Eigenstudium 2, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>  | Dr. Klaus Johannsen  |
| <b>Sprachen</b>  | DE   |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>  | <p>In der Vorlesung wird das für die Praxis relevante wasserchemische Wissen mit Bezug auf die Wassergewinnung, -aufbereitung und -verteilung vermittelt.</p> <p>Die Themenschwerpunkte sind Löslichkeit von Gasen, Kohlensäure-Gleichgewicht, Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht, Entsäuerung, Mischung von Wässern, Enthärtung, Redoxprozesse, Werkstoffe sowie gesetzliche Anforderungen an die Aufbereitung. Alle Themen werden vor dem Hintergrund der allgemein anerkannten Regeln der Technik (DVGW-Regelwerk, DIN-Normen) praxisnah behandelt.</p> <p>Ein wesentlicher Teil der Veranstaltung sind Berechnungen anhand realer Analysendaten (z.B. Berechnung des pH-Wertes und der Calcitlösekapazität ). Zu jeder Einheit gibt es Übungen und Hausaufgaben. Durch das Lösen der Hausaufgaben erhalten die Studierenden ein Feedback und können Bonuspunkte für die Klausur erwerben.</p> <p>Da Kenntnisse der Wasseraufbereitungsprozesse von großer Bedeutung sind, werden diese in Abstimmung mit der Vorlesung „Wasserressourcenmanagement“ zu Beginn des Semesters erklärt.</p> |
| <b>Literatur</b>   | <p><b>MHW (rev. by Crittenden, J. et al.):</b> Water treatment principles and design. John Wiley &amp; Sons, Hoboken, 2005.</p> <p><b>Stumm, W., Morgan, J.J.:</b> Aquatic chemistry. John Wiley &amp; Sons, New York, 1996.</p> <p><b>DVGW (Hrsg.):</b> Wasseraufbereitung - Grundlagen und Verfahren. Oldenbourg Industrie Verlag, München, 2004.</p> <p><b>Jensen, J. N.:</b> A Problem Solving Approach to Aquatic Chemistry. John Wiley &amp; Sons, Inc., New York, 2003.</p>   |

| <b>Lehrveranstaltung L0312: Chemie der Trinkwasseraufbereitung</b> |                                    |
|--|------------------------------------|
| <b>Typ</b>   | Hörsaalübung                       |
| <b>SWS</b>   | 1                                  |
| <b>LP</b>  | 2                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                   | Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14 |
| <b>Dozenten</b>  | Dr. Klaus Johannsen                |
| <b>Sprachen</b>  | DE                                 |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe                               |
| <b>Inhalt</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>   | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

| <b>Lehrveranstaltung L0965: Practical Course Aquatic Chemistry</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Laborpraktikum  |
| <b>SWS</b>   | 4   |
| <b>LP</b>  | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                   | Eigenstudium 34, Präsenzstudium 56  |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Kerstin Kuchta  |
| <b>Sprachen</b>  | EN  |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>  | <p>The practical course is conducted as a block course and lasts for 1 week. There are simple but typical methods for chemical analysis for water, sewage, soil and waste taught, which serve the students as the basis for their later work in this area.</p> <p>In this practical course for example the Institutes of Wastewater Management and Water Protection (IAG), Environmental Technology and Energy Economics(IUE), Water Resources and Water Supply (IWW) are involved.</p> <p>In the following examples of experiments and methods taught in the course are summarized:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Surface waters: sampling of water and sediment</li> <li>• Determination of the pH-value</li> <li>• Determination of the redox potential</li> <li>• Determination of a heavy metal (Zn)</li> <li>• Acid neutralizing capacity (sediment)</li> <li>• Flocculation or co-precipitation of water-suspended titanium dioxide particles</li> <li>• Precipitation of phosphate with Fe<sup>3+</sup> +</li> <li>• determine the toxicity of wastewater components against bacteria</li> <li>• denitrification</li> <li>• Electrical conductivity</li> <li>• Acid and base capacity (m- and p-value)</li> <li>• Determination of permanent gases (H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) in Landfill Gas</li> <li>• Determining a grading curve by screens</li> <li>• Determination of volatile organic acids and the total content of inorganic carbonate (FOS / TAC) by means of pH titration in samples from biogas plants</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>   |   |

| Modul M0902: Abwasserreinigung und Luftreinhaltung |  |            |                      |
|--|--|------------|----------------------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                         |  |            |                      |
| <b>Titel</b>                                       |  | <b>Typ</b> | <b>SWS</b> <b>LP</b> |
| Biologische Abwasserreinigung (L0517)              |  | Vorlesung  | 2            3       |
| Technologie der Luftreinhaltung (L0203)            |  | Vorlesung  | 2            3       |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                       | Dr. Swantje Pietsch  |            |                      |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                   | Keine  |            |                      |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                    | Grundlagen der Biologie und Chemie<br>Grundlagen der Feststoffverfahrenstechnik und der Trenntechnik   |            |                      |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>      | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |            |                      |
| <b>Fachkompetenz</b>                               | Die Studierenden sind nach erfolgreichem Abschluss des Moduls in der Lage,   |            |                      |
| <i>Wissen</i>                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• biologische Verfahren der Abwasserbehandlung zu benennen und zu erklären,</li> <li>• Abwasser und Schlamm zu charakterisieren,</li> <li>• gesetzliche Vorgaben im Bereich der Emission und Immission zu erläutern</li> <li>• Verfahren zur Abgasreinigung zu klassieren und deren Einsatzbereich zu benennen</li> </ul>   |            |                      |
| <i>Fertigkeiten</i>                                | Studenten sind in der Lage <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prozessschritte zur Abwasserbehandlung auszuwählen und auszulegen,</li> <li>• Anlagen zur Behandlung in Abhängigkeit der Schadkomponenten zusammenzustellen und auszulegen</li> </ul>  |            |                      |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                       | <i>Sozialkompetenz</i>   |            |                      |
|  | <i>Selbstständigkeit</i>   |            |                      |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                   | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56  |            |                      |
| <b>Leistungspunkte</b>                             | 6  |            |                      |
| <b>Studienleistung</b>                             | Keine  |            |                      |
| <b>Prüfung</b>                                     | Klausur  |            |                      |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                   | 90 min   |            |                      |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>            | Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Energie- und Umwelttechnik: Vertiefung Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Environmental Engineering: Vertiefung Abfall und Energie: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Joint European Master in Environmental Studies - Cities and Sustainability: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Pflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Pflicht |            |                      |

| Lehrveranstaltung L0517: Biologische Abwasserreinigung |                                    |
|--|------------------------------------|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung                          |
| <b>SWS</b>   | 2                                  |
| <b>LP</b>  | 3                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                       | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28 |
| <b>Dozenten</b>  | Dr. Joachim Behrendt               |

|                  |   |
|------------------|---|
| <b>Sprachen</b>  | DE/EN   |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>    | <p>Charakterisierung von Abwasser<br/>                 Stoffwechselformen von Mikroorganismen<br/>                 Kinetik biologischer Stoffumwandlung<br/>                 Berechnung von Bioreaktoren zur Abwasserreinigung<br/>                 Konzepte in der biologischen Abwasserreinigung<br/>                 Design WWTP<br/>                 Exkursion zur Kläranlage Seevetal Klüsing<br/>                 Biofilme<br/>                 Biofilmreaktoren<br/>                 Anaerobe Verfahren<br/>                 Ressourcen orientierte Sanitärtechnik<br/>                 Zukünftige Herausforderungen in der Abwasserforschung</p>  |
| <b>Literatur</b> | <p><b>Gujer, Willi</b><br/>                 Siedlungswasserwirtschaft : mit 84 Tabellen<br/>                 ISBN: 3540343296 (Gb.) URL: <a href="http://www.gbv.de/dms/bs/toc/516261924.pdf">http://www.gbv.de/dms/bs/toc/516261924.pdf</a> URL:<br/> <a href="http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=2842122&amp;prov=M&amp;dok_var=1&amp;dok_ext=htm">http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=2842122&amp;prov=M&amp;dok_var=1&amp;dok_ext=htm</a><br/>                 Berlin [u.a.] : Springer, 2007<br/>                 TUB_HH_Katalog</p> <p><b>Henze, Mogens</b><br/>                 Wastewater treatment : biological and chemical processes<br/>                 ISBN: 3540422285 (Pp.)<br/>                 Berlin [u.a.] : Springer, 2002<br/>                 TUB_HH_Katalog</p> <p><b>Imhoff, Karl</b> (Imhoff, Klaus R.;)<br/>                 Taschenbuch der Stadtentwässerung : mit 10 Tafeln<br/>                 ISBN: 3486263331 ((Gb.))<br/>                 München [u.a.] : Oldenbourg, 1999<br/>                 TUB_HH_Katalog</p> <p><b>Lange, Jörg</b> (Otterpohl, Ralf; Steger-Hartmann, Thomas;)<br/>                 Abwasser : Handbuch zu einer zukunftsfähigen Wasserwirtschaft<br/>                 ISBN: 3980350215 (kart.) URL:<br/> <a href="http://www.gbv.de/du/services/agi/52567E5D44DA0809C12570220050BF25/000000700334">http://www.gbv.de/du/services/agi/52567E5D44DA0809C12570220050BF25/000000700334</a><br/>                 Donaueschingen-Pföhrn : Mall-Beton-Verl., 2000<br/>                 TUB_HH_Katalog</p> <p><b>Mudrack, Klaus</b> (Kunst, Sabine;)<br/>                 Biologie der Abwasserreinigung : 18 Tabellen<br/>                 ISBN: 382741427X URL:<br/> <a href="http://www.gbv.de/du/services/agi/94B581161B6EC747C1256E3F005A8143/420000114903">http://www.gbv.de/du/services/agi/94B581161B6EC747C1256E3F005A8143/420000114903</a><br/>                 Heidelberg [u.a.] : Spektrum, Akad. Verl., 2003<br/>                 TUB_HH_Katalog</p> <p><b>Tchobanoglous, George</b> (Metcalf &amp; Eddy, Inc., ;)<br/>                 Wastewater engineering : treatment and reuse<br/>                 ISBN: 0070418780 (alk. paper) ISBN: 0071122508 (ISE (*pbk))<br/>                 Boston [u.a.] : McGraw-Hill, 2003<br/>                 TUB_HH_Katalog</p> <p><b>Henze, Mogens</b><br/>                 Activated sludge models ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3<br/>                 ISBN: 1900222248<br/>                 London : IWA Publ., 2002<br/>                 TUB_HH_Katalog</p> <p><b>Kunz, Peter</b><br/>                 Umwelt-Bioverfahrenstechnik<br/>                 Vieweg, 1992</p> <p><b>Bauhaus-Universität., Arbeitsgruppe Weiterbildendes Studium Wasser und Umwelt</b><br/>                 (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, ;)<br/>                 Abwasserbehandlung : Gewässerbelastung, Bemessungsgrundlagen, Mechanische Verfahren,<br/>                 Biologische Verfahren, Reststoffe aus der Abwasserbehandlung, Kleinkläranlagen<br/>                 ISBN: 3860682725 URL: <a href="http://www.gbv.de/dms/weimar/toc/513989765_toc.pdf">http://www.gbv.de/dms/weimar/toc/513989765_toc.pdf</a> URL:<br/> <a href="http://www.gbv.de/dms/weimar/abs/513989765_abs.pdf">http://www.gbv.de/dms/weimar/abs/513989765_abs.pdf</a><br/>                 Weimar : Universitätsverl, 2006<br/>                 TUB_HH_Katalog</p> <p><b>Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall</b><br/>                 DWA-Regelwerk<br/>                 Hennef : DWA, 2004<br/>                 TUB_HH_Katalog</p> <p><b>Wiesmann, Udo</b> (Choi, In Su; Dombrowski, Eva-Maria;)<br/>                 Fundamentals of biological wastewater treatment<br/>                 ISBN: 3527312196 (Gb.) URL: <a href="http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?">http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?</a></p> |

|  |   |
|--|---|
|  | id=2774611&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm<br>Weinheim : WILEY-VCH, 2007<br>TUB_HH_Katalog |
|--|---|

| <b>Lehrveranstaltung L0203: Air Pollution Abatement</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                        | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>   | Dr. Swantje Pietsch  |
| <b>Sprachen</b>   | EN   |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>   | In the lecture methods for the reduction of emissions from industrial plants are treated. At the beginning a short survey of the different forms of air pollutants is given. In the second part physical principals for the removal of particulate and gaseous pollutants form flue gases are treated. Industrial applications of these principles are demonstrated with examples showing the removal of specific compounds, e.g. sulfur or mercury from flue gases of incinerators. |
| <b>Literatur</b>  | Handbook of air pollution prevention and control, Nicholas P. Cheremisinoff. - Amsterdam [u.a.] : Butterworth-Heinemann, 2002<br>Atmospheric pollution : history, science, and regulation, Mark Zachary Jacobson. - Cambridge [u.a.] : Cambridge Univ. Press, 2002<br>Air pollution control technology handbook, Karl B. Schnelle. - Boca Raton [u.a.] : CRC Press, c 2002<br>Air pollution, Jeremy Colls. - 2. ed. - London [u.a.] : Spon, 2002                                     |

**Modul M0949: Rural Development and Resources Oriented Sanitation for different Climate Zones**

| <b>Lehrveranstaltungen</b>   |   |            |           |
|--|---|------------|-----------|
| <b>Titel</b>   | <b>Typ</b>  | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
| Ländliche Entwicklung und Ressourcen Orientierte Sanitärsysteme für verschiedene Klimate (L0942) | Seminar   | 2          | 3         |
| Ländliche Entwicklung und Ressourcen Orientierte Sanitärsysteme für verschiedene Klimate (L0941) | Vorlesung   | 2          | 3         |
| <b>Modulverantwortlicher</b>   | Prof. Ralf Otterpohl  |            |           |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>   | None  |            |           |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>  | Basic knowledge of the global situation with rising poverty, soil degradation, lack of water resources and sanitation   |            |           |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>  | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht   |            |           |
| <b>Fachkompetenz</b>   | Students can describe resources oriented wastewater systems mainly based on source control in detail. They can comment on techniques designed for reuse of water, nutrients and soil conditioners.  |            |           |
| <i>Wissen</i>  | Students are able to discuss a wide range of proven approaches in Rural Development from and for many regions of the world.   |            |           |
| <i>Fertigkeiten</i>  | Students are able to design low-tech/low-cost sanitation, rural water supply, rainwater harvesting systems, measures for the rehabilitation of top soil quality combined with food and water security. Students can consult on the basics of soil building through "Holistic Planned Grazing" as developed by Allan Savory.   |            |           |
| <b>Personale Kompetenzen</b>   |   |            |           |
| <i>Sozialkompetenz</i>   | The students are able to develop a specific topic in a team and to work out milestones according to a given plan.   |            |           |
| <i>Selbstständigkeit</i>   | Students are in a position to work on a subject and to organize their work flow independently. They can also present on this subject.   |            |           |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56   |            |           |
| <b>Leistungspunkte</b>   | 6   |            |           |
| <b>Studienleistung</b>   | Keine   |            |           |
| <b>Prüfung</b>   | Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit   |            |           |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>   | Semesterbegleitend werden Meilensteine erarbeitet, vorgetragen und schriftlich festgehalten. Genauerer zum jeweiligen Semesterbeginn.   |            |           |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>  | Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Energie- und Umwelttechnik: Vertiefung Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Environmental Engineering: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Joint European Master in Environmental Studies - Cities and Sustainability: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht |            |           |

| <b>Lehrveranstaltung L0942: Rural Development and Resources Oriented Sanitation for different Climate Zones</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Seminar   |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Ralf Otterpohl  |
| <b>Sprachen</b>   | EN  |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Central part of this module is a group work on a subtopic of the lectures. The focus of these projects will be based on an interview with a target audience, practitioners or scientists.</li> <li>• The group work is divided into several Milestones and Assignments. The outcome will be presented in a final presentation at the end of the semester.</li> </ul>   |
| <b>Literatur</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• J. Lange, R. Otterpohl 2000: Abwasser - Handbuch zu einer zukunftsfähigen Abwasserwirtschaft. Mallbeton Verlag (TUHH Bibliothek)</li> <li>• Winblad, Uno and Simpson-Hébert, Mayling 2004: Ecological Sanitation, EcoSanRes, Sweden (free download)</li> <li>• Schober, Sabine: WTO/TUHH Award winning Terra Preta Toilet Design: <a href="http://youtu.be/w_R09cYq6ys">http://youtu.be/w_R09cYq6ys</a></li> </ul> |

| <b>Lehrveranstaltung L0941: Rural Development and Resources Oriented Sanitation for different Climate Zones</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Ralf Otterpohl   |
| <b>Sprachen</b>   | EN   |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Living Soil - THE key element of Rural Development</li> <li>• Participatory Approaches</li> <li>• Rainwater Harvesting</li> <li>• Ecological Sanitation Principles and practical examples</li> <li>• Permaculture Principles of Rural Development</li> <li>• Performance and Resilience of Organic Small Farms</li> <li>• Going Further: The TUHH Toolbox for Rural Development</li> <li>• EMAS Technologies, Low cost drinking water supply</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Miracle Water Village, India, Integrated Rainwater Harvesting, Water Efficiency, Reforestation and Sanitation: <a href="http://youtu.be/9hmkgn0nBgk">http://youtu.be/9hmkgn0nBgk</a></li> <li>• Montgomery, David R. 2007: Dirt: The Erosion of Civilizations, University of California Press</li> </ul>  |

| M o d u l M1033: Sondergebiete der Verfahrenstechnik und Bioverfahrenstechnik |   |            |           |
|---|---|------------|-----------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>  |   |            |           |
| <b>Titel</b>  | <b>Typ</b>  | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
| Chemische Kinetik (L0508)   | Vorlesung   | 2          | 2         |
| Feststoffverfahrenstechnik in der chemischen Industrie (L2021)                | Vorlesung   | 2          | 2         |
| Grenzflächen und Kolloide (L0194)   | Vorlesung   | 2          | 2         |
| Industrielle Anorganische und Organische Prozesse (L0531)                     | Vorlesung   | 2          | 2         |
| Industrielle Biotechnologie in der Chemischen Industrie (L2276)               | Vorlesung   | 2          | 3         |
| Optik für Ingenieure (L2437)  | Vorlesung   | 2          | 2         |
| Optik für Ingenieure (L2438)  | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung  | 2          | 2         |
| Polymerisationstechnik (L1244)  | Vorlesung   | 2          | 2         |
| Praxis in der Bioverfahrenstechnik (L2275)                                    | Vorlesung   | 2          | 3         |
| Sicherheit chemischer Reaktionen (L1321)                                      | Vorlesung   | 2          | 2         |
| Technologie keramischer Werkstoffe (L0379)                                    | Vorlesung   | 2          | 3         |
| Umweltanalytik (L0354)  | Vorlesung   | 2          | 3         |
| <b>Modulverantwortlicher</b>  | Prof. Michael Schlüter  |            |           |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>  | Keine   |            |           |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>   | Die Studierenden sollten die Bachelor-Veranstaltungen "Verfahrenstechnik" erfolgreich absolviert haben.   |            |           |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>                                 | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht   |            |           |
| <b>Fachkompetenz</b>  | <p>Die Studierenden sind in der Lage, ausgewählte verfahrenstechnische Spezialgebiete innerhalb der Verfahrenstechnik zu verorten.</p> <p>Die Studierenden können in ausgewählten verfahrenstechnischen Teilbereichen grundlegende technische Zusammenhänge und Modelle erklären.</p> <p>Die Studierenden können in ausgewählten verfahrenstechnischen Teilbereichen grundlegende Methoden anwenden.</p> <p>Studierende können selbstständig auswählen, welche Kenntnisse und Fähigkeiten sie durch die Wahl der geeigneten Fächer vertiefen.</p> |            |           |
| <i>Wissen</i>   |   |            |           |
| <i>Fertigkeiten</i>   |   |            |           |
| <b>Personale Kompetenzen</b>  |   |            |           |
| <i>Sozialkompetenz</i>  |   |            |           |
| <i>Selbstständigkeit</i>  |   |            |           |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen   |            |           |
| <b>Leistungspunkte</b>  | 6   |            |           |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>                                       | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht  |            |           |

| <b>Lehrveranstaltung L0508: Chemical Kinetics</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Prüfungsart</b>                                | Klausur  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                  | 120 Minuten  |
| <b>Dozenten</b>                                   | Prof. Raimund Horn   |
| <b>Sprachen</b>                                   | EN   |
| <b>Zeitraum</b>                                   | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Micro kinetics, formal kinetics, molecularity, reaction order, integrated rate laws</li> <li>- Complex reactions, reversible reactions, consecutive reactions, parallel reactions, approximation methods: steady-state, pseudo-first order, numerical solution of rate equations , example : Belousov-Zhabotinskii reaction</li> <li>- Experimental methods of kinetics, integral approach, differential approach, initial rate method, method of half-life, relaxation methods</li> <li>- Collision theory, Maxwell velocity distribution, collision numbers, line of centers model</li> <li>- Transition state theory, partition functions of atoms and molecules, examples, calculating reaction equilibria on the basis of molecular data only, heats of reaction, calculating rates of reaction by means of statistical thermodynamics</li> <li>- Kinetics of heterogeneous reactions, peculiarities of heterogeneous reactions, mean-field approximation, Langmuir adsorption isotherm, reaction mechanisms, Langmuir-Hinshelwood Mechanism, Eley-Rideal Mechanism, steady-state approximation, quasi-equilibrium approximation, most abundant reaction intermediate (MARI), reaction order, apparent activation energy, example: CO oxidation, transition state theory of surface reactions, Sabatier´s principle, sticking coefficient, parameter fitting</li> <li>- Explosions, cold flames</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>                                  | <p>J. I. Steinfeld, J. S. Francisco, W. L. Hase: Chemical Kinetics &amp; Dynamics, Prentice Hall</p> <p>K. J. Laidler: Chemical Kinetics, Harper &amp; Row Publishers</p> <p>R. K. Masel. Chemical Kinetics &amp; Catalysis , Wiley</p> <p>I. Chorkendorff,, J. W. Niemantsverdriet: Concepts of modern Catalysis and Kinetics, Wiley</p>  |

| <b>Lehrveranstaltung L2021: Feststoffverfahrenstechnik in der chemischen Industrie</b> |                                    |
|--|------------------------------------|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung                          |
| <b>SWS</b>   | 2                                  |
| <b>LP</b>  | 2                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| <b>Prüfungsart</b>   | Schriftliche Ausarbeitung          |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>   | 12 Seiten                          |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Frank Kleine Jäger           |
| <b>Sprachen</b>  | DE                                 |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe                               |
| <b>Inhalt</b>  |                                    |
| <b>Literatur</b>   |                                    |

| Lehrveranstaltung L0194: Grenzflächen und Kolloide |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                   | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Prüfungsart</b>                                 | Schriftliche Ausarbeitung  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                   | 1 Stunde   |
| <b>Dozenten</b>                                    | Dr. Philip Jaeger  |
| <b>Sprachen</b>                                    | DE/EN  |
| <b>Zeitraum</b>                                    | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>                                      | 1. Grundlagen von Phasengrenzen 1.1 Thermodynamik von Phasengrenzen 1.2 Tenside 1.3 Grenzflächenspannung 1.4 Benetzung, Adhesion 2. Dispersionen 2.1 Tropfenbildung 2.2 Stabilisierung 2.3 Eigenschaften 2.4 Rheologie 2.5 Mikroemulsionen 3. Transportphänomene 3.1 Stofftransport über fluide Phasengrenzen 3.2 Grenzflächenkonvektion - Marangonikonvektion 3.3 Einfluss von Tensiden 4. Anwendungen 4.1 Lebensmittlemulsionen 4.2 Tertiäre Erdölförderung 4.3 Beschichtung 4.4 Trenntechnik 4.5 Nukleation 4.6 Neue Entwicklungen  |
| <b>Literatur</b>                                   | A.W. Adamson: Physical Chemistry of Surfaces, 5th ed., J. Wiley & Sons New York, 1990. P. Becher : Emulsions - Theory and Practice, 1965. P. Becher : Encyclopedia of Emulsion Technology, Vol. 1, Dekker New York, 1983. S.S. Dukhin, G. Kretzschmar, R. Miller: Dynamics of Adsorption at Liquid Interfaces, Elsevier Amsterdam, 1995. D.J. McClements: Food Emulsions - Principle, Practices and Techniques, 2nd ed., CRC Press Boca Raton, 2005. D. Myers: Surfaces, Interfaces and Colloids, VCH-Verlagsgesellschaft Weinheim, 1991. P. Sherman: Emulsion Science, 1968. J. Lyklema: Fundamentals of Interface and Colloid Science, Vol. III, Academic Press London, 2000. A.I. Rusanov: Phasengleichgewichte und Grenzflächenerscheinungen, Akademie Verlag, Berlin 1978. P. C. Hiemenz, R. Rajagopalan: Principles of Colloid and Surface Chemistry, 3rd ed. Marcel Dekker, New York 1997. P. Grassmann: Physikalische Grundlagen der Verfahrenstechnik, Verlag Salle und Sauerländer, 1983. M.J. Schwuger: Lehrbuch der Grenzflächenchemie, Thieme Verlag, 1996. |

| <b>Lehrveranstaltung L0531: Industrielle Anorganische und Organische Prozesse</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Prüfungsart</b>  | Klausur   |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>  | 45 Minuten  |
| <b>Dozenten</b>   | Dr. Achim Bartsch   |
| <b>Sprachen</b>   | DE  |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>   | <p>Um den Hörer auf sein voraussichtliches späteres Betätigungsfeld vorzubereiten, soll ein Überblick und ein Verständnis des Stoffverbundes der Chemischen Industrie vermittelt werden.</p> <p>Die Übersichts-Vorlesung behandelt die Geschichte, wirtschaftliche Bedeutung, technische Anwendung und detailliert die Haupt-Herstellungsverfahren der wichtigsten industriellen Chemieprodukte. Dabei werden ebenso Kenntnisse über Vorkommen von Rohstoffen, ökologischen Konsequenzen, sowie über Energie- und Rohstoffverbrauch vermittelt.</p> <p>Aus der Anorganische Chemie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* anorganische Grundprodukte</li> <li>* mineralische Dünger</li> <li>* Metalle und ihre Verbindungen</li> <li>* Halbleiter und Technologieverbindungen</li> <li>* anorganische Feststoffe (Baustoffe, Keramiken, Fasern, Pigmente...)</li> </ul> <p>und andere anorganische Produkte</p> <p>...</p> <p>Aus der Organische Chemie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Basischemikalien für die organische Synthese (Synthesegas, C1-Verbindungen...)</li> <li>* Herstellung und Verarbeitung von Olefinen, Alkoholen, Kohlenwasserstoffe, Aromaten</li> <li>* Verarbeitung von Erdöl</li> <li>* Tenside und Waschmittel</li> <li>* Oleochemische Produkte und Verfahren</li> <li>* Organische Polymere</li> </ul> <p>und andere organische Produkte</p> |
| <b>Literatur</b>  | <p>Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley online library 2014</p> <p>M. Bertau, A. Müller, P. Fröhlich und M. Katzberg: Industrielle Anorganische Chemie, Wiley-VCH 2013</p> <p>Hans-Jürgen Arpe: Industrielle Organische Chemie, Wiley-VCH 2007</p>   |

| <b>Lehrveranstaltung L2276: Industrial biotechnology in Chemical Industry</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28   |
| <b>Prüfungsart</b>  | Referat  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>  | 45 min   |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Andreas Liese, Dr. Stephan Freyer  |
| <b>Sprachen</b>   | EN   |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>   | This course gives an insight into the applications, processes, structures and boundary conditions in industrial practice. Various concrete applications of the technology, markets and other questions that will significantly influence the plant and process design will be shown.   |
| <b>Literatur</b>  | <p>Chmiel H (ed). Bioprozesstechnik, Springer 2011, ISBN: 978-3-8274-2476-1 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen]</p> <p>Bailey, James and David F. Ollis: Biochemical Engineering Fundamentals. -2nd ed.; New York: McGraw Hill, 1986.</p> <p>Becker, Th. et al. (2008) Biotechnology. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract">http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract</a></p> <p>Doran, Pauline M.: Bioprocess Engineering Principles, Academic Press, 2003</p> <p>Hass, V. und R. Pörtner: Praxis der Bioprozesstechnik. Spektrum Akademischer Verlag (2011), 2. Auflage</p> <p>Krahe M (2003) Biochemical Engineering. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html">http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html</a></p> <p>Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts</p> |

| <b>Lehrveranstaltung L2437: Optics for Engineers</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>   | 2   |
| <b>LP</b>  | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                     | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Prüfungsart</b>                                   | Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit   |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                     | Vorstellung eines eigenen Optikentwurfs mit anschließender Diskussion, 10 Minuten<br>Vorstellung + maximal 20 Minuten Diskussion  |
| <b>Dozenten</b>                                      | Prof. Thorsten Kern   |
| <b>Sprachen</b>                                      | EN  |
| <b>Zeitraum</b>                                      | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic values for optical systems and lighting technology</li> <li>• Spectrum, black-bodies, color-perception</li> <li>• Light-Sources and their characterization</li> <li>• Photometrics</li> <li>• Ray-Optics</li> <li>• Matrix-Optics</li> <li>• Stops, Pupils and Windows</li> <li>• Light-field Technology</li> <li>• Introduction to Wave-Optics</li> <li>• Introduction to Holography</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>                                     |   |

| <b>Lehrveranstaltung L2438: Optics for Engineers</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung   |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                     | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Prüfungsart</b>                                   | Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                     | Vorstellung eines eigenen Optikentwurfs mit anschließender Diskussion, 10 Minuten<br>Vorstellung + maximal 20 Minuten Diskussion |
| <b>Dozenten</b>                                      | Prof. Thorsten Kern  |
| <b>Sprachen</b>                                      | EN   |
| <b>Zeitraum</b>                                      | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>  | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>                                     | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

| <b>Lehrveranstaltung L1244: Polymerisationstechnik</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                       | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Prüfungsart</b>                                     | Schriftliche Ausarbeitung  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                       | 1 Stunde   |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Hans-Ulrich Moritz   |
| <b>Sprachen</b>  | DE   |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>  | <p>Einführung (Klassifizierung von Polymeren, Polyreaktionen, Polymerisationsverfahren und -reaktoren, Anwendungsgebiete von Polymeren, Struktur und Bedeutung der Kunststoffindustrie, Entscheidungsbaum für die Herstellung eines Polymeren, Product by Process)</p> <p>Radikalische Polymerisation (Kinetik der freien radikalischen Polymerisation (Ideal- und Real-Kinetik), Monomere, Initiatoren, Kettenregler, Inhibitoren, Modellierung von Gel- und Glaseffekt, Berechnung von Molmassenverteilungen, Bestimmung von Geschwindigkeitskonstanten, kontrollierte radikalische Polymerisationen)</p> <p>Koordinative Polymerisation (Monomere, Ziegler-Katalysatoren, Cossee-Arlmann-Mechanismus, Phillips-Katalysatoren, Metallocen-Katalysatoren, stereoselektive Synthese von Polymeren)</p> <p>Polyolefinverfahren (Herstellung von LDPE, LLDPE, HDPE, PP und Copolymere, Diskussion unterschiedlicher Herstellverfahren und Auswirkungen auf die Produkteigenschaften und die Anwendungsbereiche)</p> <p>Ionische Polymerisation (Anionische u. kationische Polymerisationen, Initiatoren, Kinetik der lebenden Polymerisation, Vergleich der Molmassenverteilungen mit der radikalischen Polymerisation, Copolymere, Di- und Tri-Block-Copolymere, Eigenschaften, Anwendungsbereiche)</p> <p>Polyreaktionen mit Polymerverknüpfung (Monomere, Polyaddition, Polykondensation, Kinetik und Molmassenverteilungen, ausgewählte wirtschaftlich relevante Beispiele für Herstellverfahren, PET, Nylon, PUR usw., Eigenschaften und Anwendungsbereiche)</p> <p>Copolymerisation (Struktureller Aufbau von Copolymeren, Kinetik, chemische Zusammensetzungsverteilung und Sequenzlängenverteilung (momentan und kumulativ), gezielte Einstellung von Eigenschaften, technisch relevante Beispiele)</p> <p>Emulsionspolymerisation (Klassifizierung heterogener Polymerisationsverfahren, Besonderheiten der Kinetik und Thermodynamik der Emulsionspolymerisation, Saafahrweise, Vor- und Nachteile technischer Semibatch-Prozesse, Einflüsse auf die Latexpartikelmorphologie, Eigenschaften und exemplarische Herstellverfahren u. Anwendungsgebiete)</p> <p>Besondere Herausforderungen bei der technischen Umsetzung von Polyreaktionen</p> |

|                  |  |
|------------------|--|
|                  | <p>(Viskositätsanstieg, Wandbelagsbildung, Wärmeabfuhrprobleme, Maßstabsübertragung, chemische Sicherheitstechnik von Polyreaktionen, Thermodynamik homogener und heterogener Polymerisationssysteme, Modellierung von Polyreaktionen u. Polymerisationsreaktoren)</p> <p>Wettbewerbsfaktoren in der Polymerindustrie (Ausgewählte wirtschaftliche Problemstellungen der Polymerindustrie für Deutschland, EU, Welt, Schwerpunkte: Zusammensetzung der Herstellkosten, Rolle der F&amp;E, Verbundproduktion, Marketingaspekte)</p> |
| <b>Literatur</b> | <p>W. Keim: Kunststoffe - Synthese, Herstellungsverfahren, Apparaturen, 1. Auflage, Wiley-VCH, 2006</p> <p>T. Meyer, J. Keurentjes: Handbook of Polymer Reaction Engineering, 2 Vol., 1. Ed., Wiley-VCH, 2005</p> <p>A. Echte: Handbuch der technischen Polymerchemie, 1. Auflage, VCH-Verlagsgesellschaft, 1993</p> <p>G. Odian: Principles of Polymerization, 4. Ed., Wiley-Interscience, 2004</p> <p>J. Asua: Polymer Reaction Engineering, 1. Ed., Blackwell Publishing, 2007</p>  |

| Lehrveranstaltung L2275: Practice in bioprocess engineering |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                            | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28   |
| <b>Prüfungsart</b>  | Referat  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                            | 45 min   |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. An-Ping Zeng, Prof. Ralf Pörtner, Dr. Willfried Blümke   |
| <b>Sprachen</b>   | EN   |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>   | Content of this course is a concrete insight into the principles, processes and structures of an industrial biotechnology company. In addition to practical illustrative examples, aspects beyond the actual process engineering area are also addressed, such as e.g. Sustainability and engineering.   |
| <b>Literatur</b>  | <p>Chmiel H (ed). Bioprozesstechnik, Springer 2011, ISBN: 978-3-8274-2476-1 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen]</p> <p>Bailey, James and David F. Ollis: Biochemical Engineering Fundamentals. -2nd ed.; New York: McGraw Hill, 1986.</p> <p>Becker, Th. et al. (2008) Biotechnology. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract">http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract</a></p> <p>Doran, Pauline M.: Bioprocess Engineering Principles, Academic Press, 2003</p> <p>Hass, V. und R. Pörtner: Praxis der Bioprozesstechnik. Spektrum Akademischer Verlag (2011), 2. Auflage</p> <p>Krahe M (2003) Biochemical Engineering. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html">http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html</a></p> <p>Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts</p> |

| <b>Lehrveranstaltung L1321: Sicherheit chemischer Reaktionen</b> |                                    |
|--|------------------------------------|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung                          |
| <b>SWS</b>   | 2                                  |
| <b>LP</b>  | 2                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                 | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| <b>Prüfungsart</b>   | Klausur                            |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                                 |                                    |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Hans-Ulrich Moritz           |
| <b>Sprachen</b>  | DE                                 |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe                               |
| <b>Inhalt</b>  |                                    |
| <b>Literatur</b>   |                                    |

| <b>Lehrveranstaltung L0379: Technologie keramischer Werkstoffe</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                   | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28   |
| <b>Prüfungsart</b>   | Klausur  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                                   | 90 Minuten   |
| <b>Dozenten</b>  | Dr. Rolf Janßen  |
| <b>Sprachen</b>  | DE/EN  |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>  | <p>In dieser Vorlesung wird eine Einführung in die keramische Prozeßtechnologie gegeben, wobei der Schwerpunkt auf Struktur- und Funktionskeramiken liegt. Beginnend bei den Verfahren zur Synthese feiner Pulver wird Schritt für Schritt der Weg vom Rohstoff zum maßgeschneiderten Bauteil aufgezeigt und anhand von Beispielen aus der Praxis demonstriert. Neben etablierten Herstellungsverfahren werden dabei auch neue Methoden zur schnellen und kostengünstigen Herstellung von Hochleistungsbauteilen (Reactive Synthesis, Rapid Prototyping, etc.) sowie Fügetechniken und grundlegende Konstruktionskriterien behandelt.</p> <p>Inhalt:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rohstoffe</li> <li>2. Pulversynthese</li> <li>3. Pulveraufbereitung und -charakterisierung</li> <li>4. Formgebung</li> <li>5. Sintern</li> <li>6. Glas und Zement-Technologie</li> <li>7. Neue Syntheseverfahren, Beschichtungen, etc.</li> <li>8. Fügetechniken</li> </ol> |
| <b>Literatur</b>   | <p>W.D. Kingery, „Introduction to Ceramics“, John Wiley &amp; Sons, New York, 1975</p> <p>ASM Engineering Materials Handbook Vol.4 „Ceramics and Glasses“, 1991</p> <p>D.W. Richerson, „Modern Ceramic Engineering“, Marcel Decker, New York, 1992</p> <p>Skript zur Vorlesung</p>   |

| <b>Lehrveranstaltung L0354: Environmental Analysis</b> |
|--|
|--|

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <b>Typ</b>                       | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>                       | 2   |
| <b>LP</b>                        | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b> | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28  |
| <b>Prüfungsart</b>               | Klausur   |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b> | 45 Minuten  |
| <b>Dozenten</b>                  | Dr. Dorothea Rechtenbach, Dr. Henning Mangels   |
| <b>Sprachen</b>                  | EN  |
| <b>Zeitraum</b>                  | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>                    | <p>Introduction</p> <p>Sampling in different environmental compartments, sample transportation, sample storage</p> <p>Sample preparation</p> <p>Photometry</p> <p>Wastewater analysis</p> <p>Introduction into chromatography</p> <p>Gas chromatography</p> <p>HPLC</p> <p>Mass spectrometry</p> <p>Optical emission spectrometry</p> <p>Atom absorption spectrometry</p> <p>Quality assurance in environmental analysis</p>  |
| <b>Literatur</b>                 | <p>Roger Reeve, Introduction to Environmental Analysis, John Wiley &amp; Sons Ltd., 2002 (TUB: USD-728)</p> <p>Pradyot Patnaik, Handbook of environmental analysis: chemical pollutants in air, water, soil, and solid wastes, CRC Press, Boca Raton, 2010 (TUB: USD-716)</p> <p>Chunlong Zhang, Fundamentals of Environmental Sampling and Analysis, John Wiley &amp; Sons Ltd., Hoboken, New Jersey, 2007 (TUB: USD-741)</p> <p>Miroslav Radojević, Vladimir N. Bashkin, Practical Environmental Analysis RSC Publ., Cambridge, 2006 (TUB: USD-720)</p> <p>Werner Funk, Vera Dammann, Gerhild Donnevert, Sarah Iannelli (Translator), Eric Iannelli (Translator), Quality Assurance in Analytical Chemistry: Applications in Environmental, Food and Materials Analysis, Biotechnology, and Medical Engineering, 2nd Edition, WILEY-VCH Verlag GmbH &amp; Co. KGaA, Weinheim, 2007 (TUB: CHF-350)</p> <p>STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 21st Edition, Andrew D. Eaton, Leonore S. Clesceri, Eugene W. Rice, and Arnold E. Greenberg, editors, 2005 (TUB:CHF-428)</p> <p>K. Robards, P. R. Haddad, P. E. Jackson, Principles and Practice of Modern Chromatographic Methods, Academic Press</p> <p>G. Schwedt, Chromatographische Trennmethode, Thieme Verlag</p> <p>H. M. McNair, J. M. Miller, Basic Gas Chromatography, Wiley</p> <p>W. Gottwald, GC für Anwender, VCH</p> <p>B. A. Bidlingmeyer, Practical HPLC Methodology and Applications, Wiley</p> <p>K. K. Unger, Handbuch der HPLC, GIT Verlag</p> <p>G. Aced, H. J. Möckel, Liquidchromatographie, VCH</p> <p>Charles B. Boss and Kenneth J. Fredeen, Concepts, Instrumentation and Techniques in</p> |

Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry  
Perkin-Elmer Corporation 1997, On-line available at:  
<http://files.instrument.com.cn/bbs/upfile/2006291448.pdf>

Atomic absorption spectrometry: theory, design and applications, ed. by S. J. Haswell 1991  
(TUB: 2727-5614)

Royal Society of Chemistry, Atomic absorption spectrometry  
([http://www.kau.edu.sa/Files/130002/Files/6785\\_AAs.pdf](http://www.kau.edu.sa/Files/130002/Files/6785_AAs.pdf))

| Modul M0905: Forschungsprojekt Verfahrenstechnik   |  |     |    |
|--|--|-----|----|
| Lehrveranstaltungen                                |  |     |    |
| Titel  | Typ  | SWS | LP |
| Forschungsprojekt in der Verfahrenstechnik (L1051) | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung   | 6   | 6  |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                       | Dozenten des SD V  |     |    |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                   | Keine  |     |    |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                    | Fortgeschrittener Kenntnisstand im Master-Studium Verfahrenstechnik  |     |    |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>      | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |     |    |
| <b>Fachkompetenz</b>                               | Die Studierenden kennen aktuelle Forschungsprojekte der Institute in der Vertiefungsrichtung. Sie können die grundlegenden wissenschaftlichen Methoden nennen, mit denen an diesen gearbeitet wird.  |     |    |
| <i>Wissen</i>                                      |  |     |    |
| <b>Fertigkeiten</b>                                | Die Studierenden sind in der Lage, ein eigenständiges Teilprojekt in aktuell laufenden Forschungsprojekten der Institute in der Vertiefungsrichtung durchzuführen. Studierende können ihre Vorgehensweise zur Lösung einer Aufgabe begründen, aus den gewonnen Ergebnissen Schlussfolgerungen ziehen und wenn nötig neue Arbeitsmethoden finden. Studierende sind in der Lage, alternative Lösungskonzepte mit dem gewählten Ansatz bzgl. vorgegebener Kriterien zu vergleichen und zu beurteilen. |     |    |
| <i>Fertigkeiten</i>                                |  |     |    |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                       | Studierende sind in der Lage, mit Mitarbeitern der betreuenden Institute fachlich den Fortschritt der Arbeit zu diskutieren und ihre Endergebnisse adressatengerecht zu präsentieren.  |     |    |
| <i>Sozialkompetenz</i>                             |  |     |    |
| <b>Selbstständigkeit</b>                           | Studierende sind in der Lage, anhand der im bisherigen Studium erworbenen Kompetenzen sich selbstständig aus aktuellen Forschungsprojekten sinnvolle Aufgaben zu definieren, dazu notwendiges Wissen zu erschließen sowie geeignete Lösungsmethoden auszuwählen.   |     |    |
| <i>Selbstständigkeit</i>                           |  |     |    |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                   | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84   |     |    |
| <b>Leistungspunkte</b>                             | 6  |     |    |
| <b>Studienleistung</b>                             | Keine  |     |    |
| <b>Prüfung</b>                                     | Studienarbeit  |     |    |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                   | laut ASPO  |     |    |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>            | Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht  |     |    |

| <b>Lehrveranstaltung L1051: Forschungsprojekt in der Verfahrenstechnik</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung  |
| <b>SWS</b>   | 6   |
| <b>LP</b>  | 6   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84  |
| <b>Dozenten</b>  | Dozenten des SD V   |
| <b>Sprachen</b>  | DE/EN   |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe/SoSe   |
| <b>Inhalt</b>  | <p>Bearbeitung aktueller Forschungsthemen der gewählten Vertiefungsrichtung.</p> <p>Forschungsprojekte können an den Instituten der Verfahrenstechnik, in der Industrie oder im Ausland durchgeführt werden. Es ist immer eine Hochschullehrerin oder ein Hochschullehrer des Studiendekanats Verfahrenstechnik als Betreuer erforderlich, der vor Beginn des Forschungsprojektes festgelegt werden muss.</p> |
| <b>Literatur</b>   | <p>Aktuelle Literatur zu Forschungsthemen aus der gewählten Vertiefungsrichtung.</p> <p>Current literature on research topics of the chosen specialization.</p>   |

| Modul M1294: Bioenergie   |  |            |           |
|---|--|------------|-----------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>  |  |            |           |
| <b>Titel</b>  | <b>Typ</b>   | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
| Biokraftstoffverfahrenstechnik (L0061)                              | Vorlesung  | 1          | 1         |
| Biokraftstoffverfahrenstechnik (L0062)                              | Gruppenübung   | 1          | 1         |
| Globale Märkte für land- und forstwirtschaftliche Rohstoffe (L1769) | Vorlesung  | 1          | 1         |
| Thermische Biomassenutzung (L1767)                                  | Vorlesung  | 2          | 2         |
| Thermische Biomassenutzung (L2386)                                  | Laborpraktikum   | 1          | 1         |
| <b>Modulverantwortlicher</b>  | Prof. Martin Kaltschmitt   |            |           |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                                    | Keine  |            |           |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                                     | keine  |            |           |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>                       | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |            |           |
| <b>Fachkompetenz</b>  |  |            |           |
| <i>Wissen</i>   | Die Studierenden können die Grundlagen der Energiegewinnung aus Biomasse, über aerobe und anaerobe Abfallbehandlungsverfahren, die dabei gewonnenen Produkte und die Behandlung der jeweils entstehenden Emissionen wiedergeben.   |            |           |
| <i>Fertigkeiten</i>   | Die Studierenden können das erlernte Wissen über biomasse-basierte Energiebereitstellungsanlagen anwenden, um für unterschiedliche Fragestellungen, beispielsweise bezüglich der Dimensionierung und Auslegung von Anlagen, die Zusammenhänge zu erläutern. In diesem Zusammenhang sind die Studierenden auch in der Lage Berechnungsaufgaben zur Verbrennung, Vergasung und Biogas-, Biodiesel- und Bioethanolnutzung zu lösen.   |            |           |
| <b>Personale Kompetenzen</b>  |  |            |           |
| <i>Sozialkompetenz</i>  | Die Studierenden können wissenschaftliche Aufgabenstellungen zur Auslegung und Bewertung von Energiesystemen zur Biomassenutzung diskutieren.  |            |           |
| <i>Selbstständigkeit</i>  | Die Studierenden können sich zur Aufarbeitung der Vorlesungsschwerpunkte selbstständig Quellen über das Fachgebiet erschließen, Wissen auswählen und aneignen. Des Weiteren können die Studierenden, unter Hilfestellung der Lehrenden, eigenständig Berechnungen zu biomasse-nutzenden Energiesysteme erfüllen und so Ihren jeweiligen Lernstand einschätzen und auf dieser Basis weitere Arbeitsschritte definieren.   |            |           |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                    | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84   |            |           |
| <b>Leistungspunkte</b>  | 6  |            |           |
| <b>Studienleistung</b>  | Keine  |            |           |
| <b>Prüfung</b>  | Klausur  |            |           |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                                    | 3 Stunden Klausur  |            |           |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>                             | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie und Bioprozesstechnik: Wahlpflicht<br>Energie- und Umwelttechnik: Vertiefung Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Energietechnik: Vertiefung Energiesysteme: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Regenerative Energien: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Kernqualifikation: Pflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht |            |           |

| Lehrveranstaltung L0061: Biokraftstoffverfahrenstechnik |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 1  |
| <b>LP</b>   | 1  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                        | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14   |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Oliver Lüdtke  |
| <b>Sprachen</b>   | DE   |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Allgemeine Einleitung</li> <li>• Was sind Biokraftstoffe?</li> <li>• Märkte &amp; Entwicklungen</li> <li>• Gesetzliche Rahmenbedingungen</li> <li>• Treibhausgaseinsparungen</li> <li>• Generationen der Biokraftstoffe                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Bioethanol der ersten Generation                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rohstoffe</li> <li>▪ Fermentation</li> <li>▪ Destillation</li> </ul> </li> <li>◦ Biobutanol / ETBE</li> <li>◦ Bioethanol der zweiten Generation                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bioethanol aus Stroh</li> </ul> </li> <li>◦ Biodiesel der ersten Generation                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rohstoffe</li> <li>▪ Produktionsprozess</li> <li>▪ Biodiesel &amp; Rohstoffe</li> </ul> </li> <li>◦ HVO / HEFA</li> <li>◦ Biodiesel der zweiten Generation                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Biodiesel aus Algen</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• Biogas als Kraftstoff                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Biogas der ersten Generation                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rohstoffe</li> <li>▪ Fermentation</li> <li>▪ Reinigung zu Biomethan</li> </ul> </li> <li>◦ Biogas der zweiten Generation &amp; Vergasungsverfahren</li> <li>◦ Methanol / DME aus Holz und Tall oil©</li> </ul> </li> </ul> |
| <b>Literatur</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Skriptum zur Vorlesung</li> <li>• Drapcho, Nhuan, Walker; Biofuels Engineering Process Technology</li> <li>• Harwardt; Systematic design of separations for processing of biorenewables</li> <li>• Kaltschmitt; Hartmann; Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren</li> <li>• Mousdale; Biofuels - Biotechnology, Chemistry and Sustainable Development</li> <li>• VDI Wärmeatlas</li> </ul>   |

| <b>Lehrveranstaltung L0062: Biokraftstoffverfahrenstechnik</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Gruppenübung  |
| <b>SWS</b>   | 1   |
| <b>LP</b>  | 1   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                               | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14  |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Oliver Lüdtke   |
| <b>Sprachen</b>  | DE  |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ökobilanzen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Exemplarisches Beispiel zur Bewertung von CO<sub>2</sub> Einsparungspotentialen durch alternative Kraftstoffe -- Wahl der Systemgrenzen und Datenbanken</li> </ul> </li> <li>• <b>Bioethanolherstellung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Anwendungsaufgabe in der die Grundlagen der thermischen Trennverfahren (Rektifikation, Extraktion) thematisiert werden. Dabei liegt der Fokus auf einer Kolonnenauslegung, inkl. Wärmebedarf, Stufenanzahl, Rücklaufverhältnis...</li> </ul> </li> <li>• <b>Biodieselherstellung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Verfahrenstechnische Optionen der Fest/Flüssigtrennung, inklusive Grundgleichungen zum Abschätzen von Leistung, Energiebedarf, Trennschärfe und Durchsatz</li> </ul> </li> <li>• <b>Biomethanproduktion</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Chemische Reaktionen, die bei der Herstellung von Biokraftstoffen relevant sind, inklusive Gleichgewichte, Aktivierungsenergien, shift-Reaktionen</li> </ul> </li> </ul> |
| <b>Literatur</b>   | Skriptum zur Vorlesung  |

| Lehrveranstaltung L1769: Globale Märkte für land- und forstwirtschaftliche Rohstoffe |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>   | 1   |
| <b>LP</b>  | 1   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14  |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Michael Köhl, Bernhard Chilla   |
| <b>Sprachen</b>  | DE  |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>  | <p>1) Markets for Agricultural Commodities<br/>                     What are the major markets and how are markets functioning<br/>                     Recent trends in world production and consumption.<br/>                     World trade is growing fast. Logistics. Bottlenecks.<br/>                     The major countries with surplus production<br/>                     Growing net import requirements, primarily of China, India and many other countries.<br/>                     Tariff and non-tariff market barriers. Government interferences.</p> <p>2) Closer Analysis of Individual Markets<br/>                     Thomas Mielke will analyze in more detail the global vegetable oil markets, primarily palm oil, soya oil, rapeseed oil, sunflower oil. Also the raw material (the oilseed) as well as the by-product (oilmeal) will be included. The major producers and consumers.<br/>                     Vegetable oils and oilmeals are extracted from the oilseed. The importance of vegetable oils and animal fats will be highlighted, primarily in the food industry in Europe and worldwide. But in the past 15 years there have also been rapidly rising global requirements of oils &amp; fats for non-food purposes, primarily as a feedstock for biodiesel but also in the chemical industry.<br/>                     Importance of oilmeals as an animal feed for the production of livestock and aquaculture<br/>                     Oilseed area, yields per hectare as well as production of oilseeds. Analysis of the major oilseeds worldwide. The focus will be on soybeans, rapeseed, sunflowerseed, groundnuts and cottonseed.<br/>                     Regional differences in productivity. The winners and losers in global agricultural production.</p> <p>3) Forecasts: Future Global Demand &amp; Production of Vegetable Oils<br/>                     Big challenges in the years ahead: Lack of arable land for the production of oilseeds, grains and other crops. Competition with livestock. Lack of water. What are possible solutions? Need for better education &amp; management, more mechanization, better seed varieties and better inputs to raise yields.<br/>                     The importance of prices and changes in relative prices to solve market imbalances (shortage situations as well as surplus situations). How does it work? Time lags.<br/>                     Rapidly rising population, primarily the number of people considered "middle class" in the years ahead.<br/>                     Higher disposable income will trigger changing diets in favour of vegetable oils and livestock products.<br/>                     Urbanization. Today, food consumption per caput is partly still very low in many developing countries, primarily in Africa, some regions of Asia and in Central America. What changes are to be expected?<br/>                     The myth and the realities of palm oil in the world of today and tomorrow.<br/>                     Labour issues curb production growth: Some examples: 1) Shortage of labour in oil palm plantations in Malaysia. 2) Structural reforms overdue for the agriculture in India, China and other countries to become more productive and successful, thus improving the standard of living of smallholders.</p> |
| <b>Literatur</b>   | Lecture material  |

| <b>Lehrveranstaltung L1767: Thermische Biomassenutzung</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 2  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                           | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Martin Kaltschmitt   |
| <b>Sprachen</b>  | DE   |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>  | <p>Ziel dieses Kurses ist es, die physikalischen, chemischen und biologischen als auch die technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Grundlagen aller Optionen der Energieerzeugung aus Biomasse aus deutscher und internationaler Sicht zu diskutieren. Zusätzlich unterschiedlichen Systemansätze zur Nutzung von Biomasse für die Energieerzeugung, Aspekte der Bioenergie im Energiesystem zu integrieren, technische und wirtschaftliche Entwicklungspotenziale und die aktuelle und erwartete zukünftige Verwendung innerhalb des Energiesystems vorgestellt.</p> <p>Der Kurs ist wie folgt aufgebaut:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Biomasse als Energieträger im Energiesystem, die Nutzung von Biomasse in Deutschland und weltweit, Übersicht über den Inhalt des Kurses</li> <li>• Photosynthese , die Zusammensetzung der organischen Stoffe , Pflanzenproduktion , Energiepflanzen , Reststoffen, organischen Abfällen</li> <li>• Biomasse Bereitstellung Ketten für holzige und krautige Biomasse , Ernte und Bereitstellung , Transport, Lagerung, Trocknung             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Thermo - chemische Umwandlung von biogenen Festbrennstoffen                 <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Grundlagen der thermo- chemischen Umwandlung</li> <li>◦ Direkte thermo- chemische Umwandlung durch Verbrennung: Verbrennungstechnologien für kleine und Großanlagen , Strom- Erzeugungstechnologien , Abgasbehandlungstechnologien, Asche und ihre Verwendung</li> <li>◦ Vergasung: Vergasungstechnologien, Gasreinigungstechnologien, Optionen zur Nutzung des gereinigten Gases für die Bereitstellung von Wärme, Strom und/oder Brennstoffe</li> <li>◦ Schnelle und langsame Pyrolyse : Technologien für die Bereitstellung von Bio-Öl und / oder für die Bereitstellung von Kohle -, Öl- Reinigungstechnologien , Optionen um die Pyrolyse- Öl und Kohle als Energieträger als auch als Rohstoff verwenden</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• Physikalisch-chemische Umwandlung von Biomasse , die Öle und / oder Fette : Grundlagen , Ölsaaten und Ölfrüchte, Pflanzenölproduktion , die Produktion von Biokraftstoff mit standardisierten Merkmalen ( Umesterung , Hydrierung, Co- Processing in bestehenden Raffinerien) , Optionen der Nutzung dieser Kraftstoffe, Optionen zur Verwendung der Rückstände (d.h. Mehl, Glycerin)             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Bio-chemische Umwandlung von Biomasse</li> <li>◦ Grundlagen der bio-chemische Umwandlung</li> <li>◦ Biogas: Prozess- Technologien für Anlagen mit landwirtschaftlichen Rohstoffen , Klärschlamm ( Klärgas ) , organische Abfallfraktion (Deponiegas ) , Technologien für die Bereitstellung von Biomethan , die Verwendung des aufgeschlossenen Schlamm</li> <li>◦ Ethanol-Produktion: Prozesstechnologien für Einsatzmaterial, Zucker, Stärke oder Cellulose , die Verwendung von Ethanol als Kraftstoff, Verwendung der Schlempe</li> </ul> </li> </ul> |
| <b>Literatur</b>   | <b>Kaltschmitt, M.; Hartmann, H. (Hrsg.): Energie aus Biomasse; Springer, Berlin, Heidelberg, 2009, 2. Auflage</b>   |

| <b>Lehrveranstaltung L2386: Thermische Biomassenutzung</b> |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Laborpraktikum  |
| <b>SWS</b>   | 1   |
| <b>LP</b>  | 1   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                           | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14  |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Martin Kaltschmitt, Dr. Isabel Höfer  |
| <b>Sprachen</b>  | DE  |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>  | <p>Die Versuche des Praktikums verdeutlichen die unterschiedlichen Aspekte der Wärmegewinnung aus biogenen Festbrennstoffen. Dazu werden zunächst unterschiedliche Biomassen (wie z.B. Holz, Stroh oder landwirtschaftliche Reststoffe) untersucht; hierbei liegt der Schwerpunkt auf dem Heiz- und Brennwert der Biomasse. Weiterhin wird die verwendete Biomasse pelletiert, die Pelleteigenschaften analysiert und ein Verbrennungsversuch an einer Pellet-Einzelraumfeuerung durchgeführt. Dabei werden die gasförmigen und festen Schadstoffemissionen, besonders der entstehende Feinstaub, gemessen und in einem weiteren Versuch die Zusammensetzung des Feinstaubes untersucht. Ein weiterer Schwerpunkt des Praktikums liegt auf der Betrachtung von Optionen zur Reduzierung des Feinstaubes aus der Biomasseverbrennung. Im Praktikum wird eine Methode zur Feinstaubreduzierung erarbeitet und getestet. Alle Versuche werden ausgewertet und die Ergebnisse vorgestellt.</p> <p>Innerhalb des Laborpraktikums diskutieren die Studierenden verschiedene technischwissenschaftliche Aufgabenstellungen, sowohl fachspezifisch und fachübergreifend. Sie sprechen verschiedene Lösungsansätze der Aufgabenstellung durch und beraten über die theoretische oder praktische Umsetzung.</p> |
| <b>Literatur</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kaltschmitt, Martin; Hartmann, Hans; Hofbauer, Hermann: Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren. 3. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer Science &amp; Business Media, 2016. -ISBN 978-3-662-47437-2</li> <li>- Versuchsskript</li> </ul>  |

## Modul M1303: Energieprojekte und ihre Bewertung

### Lehrveranstaltungen

| Titel  | Typ            | SWS | LP |
|--|----------------|-----|----|
| Entwicklung regenerativer Energieprojekte (L0003)                    | Vorlesung      | 2   | 2  |
| Regenerative Energieprojekte in neuen Märkten (L0014)                | Projektseminar | 2   | 2  |
| Wirtschaftlichkeit einer regenerativen Energiebereitstellung (L0005) | Vorlesung      | 1   | 1  |
| Wirtschaftlichkeit einer regenerativen Energiebereitstellung (L0006) | Projektseminar | 1   | 1  |

|                              |                          |
|------------------------------|--------------------------|
| <b>Modulverantwortlicher</b> | Prof. Martin Kaltschmitt |
|------------------------------|--------------------------|

|                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b> | Keine |
|----------------------------------|-------|

|                                 |                 |
|---------------------------------|-----------------|
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b> | Umweltbewertung |
|---------------------------------|-----------------|

|   |   |
|---|---|
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
|---|---|

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>Fachkompetenz</b>         | <p>Mit Abschluss dieses Moduls können die Studierenden die Vorgehensweise der Planung und Entwicklung von Projekten zur Nutzung regenerativer Energien beschreiben und auch die gesonderte Beachtung der wirtschaftlichen und rechtlichen Aspekte dabei erläutern.</p> <p><i>Wissen</i></p> <p>Die Lehrinhalte der einzelnen Themenschwerpunkte des Moduls werden anwendungsbezogen vermittelt; die Studierenden können diese somit u.a. in Berufszweigen der Beratung oder Betreuung von Energieprojekten auf unterschiedliche Fragestellungen anwenden.</p> <p>Die Studierenden können mit Abschluss dieses Moduls die erlernten theoretischen Grundlagen zur Vorgehensweise bei der Entwicklung erneuerbarer Energieprojekte auf beispielhafte Energieprojekte anwenden und die sich ergebenden Zusammenhänge unter besonderer Berücksichtigung der wirtschaftlichen und rechtlichen Voraussetzungen fachlich und konzeptionell einschätzen und beurteilen.</p> <p>Sie können als Basis zur Auslegung erneuerbarer Energiesysteme die Nachfrage nach thermischer und/oder elektrischer Energie auf betrieblicher und regionaler Ebene analysieren und dem folgend mögliche Energiesysteme auswählen und dimensionieren.</p> <p><i>Fertigkeiten</i></p> <p>Zur Bewertung der Nachhaltigkeitsaspekte von erneuerbaren Energieprojekten können die Studierenden in diesem Zusammenhang die richtige Methodik in Abhängigkeit der Fragestellung auswählen, diskutieren und kritisch Stellung dazu beziehen.</p> <p>Durch aktive Diskussionen der verschiedenen Themenschwerpunkte innerhalb der Seminare und Übungen des Moduls verbessern die Studierenden das Verständnis und die Anwendung der theoretischen Grundlagen und sind so in der Lage das Gelernte auf die Praxis zu übertragen.</p> |
| <b>Personale Kompetenzen</b> | <p><i>Sozialkompetenz</i></p> <p>Die Studierenden können wissenschaftliche Aufgabenstellungen zur Wirtschaftlichkeit erneuerbarer Energieprojekte in einer personenstarken Gruppe bearbeiten und zeitlich und fachlich organisieren. Sie können fachspezifische und fachübergreifende Diskussionen führen und dem folgend die Leistung der Kommilitonen einschätzen und mit Rückmeldungen zu ihren eigenen Leistungen umgehen. Des Weiteren sind die Studierenden in der Lage ihre Gruppenergebnisse von anderen zu vertreten.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i></p> <p>Die Studierenden können sich zur Aufarbeitung der Vorlesungsinhalte und zur Lösung der Aufgaben zur wirtschaftlichen Einschätzung erneuerbarer Energieprojekte selbstständig Quellen über das jeweilige Fachgebiet erschließen und sich das darin enthaltene Wissen aneignen. Auf dieser Basis sind sie in der Lage eigenständig Berechnungsmethoden zur Lösung der Aufgaben zur wirtschaftlichen Einschätzung erneuerbarer Energieprojekte zu erfüllen und veranstaltungsübergreifende Zusammenhänge zu erkennen. Durch die durch Lehrende angeleitete Berechnungen können die Studierenden eigenständig Ihren Wissenstand erkennen.</p>  |

|                                  |                                    |
|----------------------------------|------------------------------------|
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b> | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84 |
|----------------------------------|------------------------------------|

|                        |   |
|------------------------|---|
| <b>Leistungspunkte</b> | 6 |
|------------------------|---|

|   |  |
|---|--|
| <b>Studienleistung</b>                  | Keine  |
| <b>Prüfung</b>                          | Klausur  |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>        | 2 Stunden Klausur + Projektseminararbeit   |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b> | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie und Bioprozesstechnik: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Kernqualifikation: Pflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht |

| <b>Lehrveranstaltung L0003: Entwicklung regenerativer Energieprojekte</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung   |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Martin Kaltschmitt  |
| <b>Sprachen</b>   | DE  |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung von regenerativen Energieprojekten: von der Analyse der Gegebenheiten vor Ort bis zum fertigen Energieprojekt: welche Stufen müssen durchlaufen werden, um ein erfolgreiches regeneratives Energieprojekt zu realisieren und welche Einflussgrößen müssen beachtet werden</li> <li>• Erhebung der Energienachfrage; Methoden zur Erhebung der Nachfrage nach thermischer und/oder elektrischer Energie auf betrieblicher und regionaler Ebene bis hin zu Erarbeitung eines Energiemasterplans.</li> <li>• Systemtechnik regenerativer Energien: wie passen die einzelnen Optionen zur Nutzung regenerativer Energien vor dem Hintergrund einer bestimmten zur deckenden Versorgungsaufgabe am besten zusammen? Wie können unter bestimmten Bedingungen ideale Kombinationen aussehen?</li> <li>• Machbarkeitsstudie; Anforderungen an und Inhalte in einer Machbarkeitsstudie</li> <li>• Gesetzlicher Rahmen zur Anlagenerrichtung; Darstellung der Genehmigungsrechte einschließlich der gesamten formalen Vorgehensweise bei den unterschiedlichen Genehmigungsverfahren im Rahmen der BImSch-Gesetzgebung; weitergehende gesetzliche Vorgaben (u. a. Baurecht, Wasserecht, Lärm etc.)</li> <li>• Gesellschaftsformen; welche Gesellschaftsformen bieten sich für welchen Anwendungsfall am besten an? Wo liegen die Vor- und Nachteile?</li> <li>• Risikomanagement; wie können die Risiken von regenerativen Energieprojekten am besten bestimmt werden? Wie kann eine Risikominimierung sichergestellt werden?</li> <li>• Versicherungen; welche Versicherungen gibt es? Wofür braucht man Versicherungen? Welche Voraussetzungen müssen erfüllt werden, um bestimmte Versicherungen für bestimmte regenerative Energieprojekte zu bekommen für die Bau- und Betriebsphase?</li> <li>• Akzeptanz; wie kann die Akzeptanz für eine Anlage zur Nutzung regenerativer Energien vor Ort bewertet und verbessert werden? Wie kann sie gemessen werden?</li> <li>• Organisation der Realisierung eines Projektes; wie wird der Bau einer Anlage zur Nutzung regenerativer Energien nach Abschluss der Planung organisiert?</li> <li>• Abnahme; Welche Abnahmestufen werden durchlaufen bis zum regulären Dauerbetrieb (VOB-Abnahme, sicherheitstechnische Abnahme, Abnahme durch Genehmigungsbehörde)</li> <li>• Beispiele; gute und weniger gute Beispiele einer Projektentwicklung</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Script zur Vorlesung mit Literaturhinweisen</li> </ul>   |

| <b>Lehrveranstaltung L0014: Regenerative Energieprojekte in neuen Märkten</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Projektseminar  |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Andreas Wiese   |
| <b>Sprachen</b>   | DE  |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Entwicklung der erneuerbaren Energien weltweit                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Historie</li> <li>▪ Zukünftige Märkte</li> </ul> </li> <li>◦ Besondere Herausforderungen in neuen Märkten - Übersicht</li> </ul> </li> <li>2. Beispielprojekt Windpark Korea                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Übersicht</li> <li>◦ Technische Beschreibung</li> <li>◦ Projektphasen und Besonderheiten</li> </ul> </li> <li>3. Förder- und Finanzierungsinstrumente für EE Projekten in neuen Märkten                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Übersicht Fördermöglichkeiten</li> <li>◦ Übersicht Länder mit Einspeisegesetzen</li> <li>◦ Wichtige Finanzierungsprogramme</li> </ul> </li> <li>4. CDM Projekte - Warum, wie, Beispiele                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Übersicht CDM Prozess</li> <li>◦ Beispiele</li> <li>◦ Übungsaufgabe CDM</li> </ul> </li> <li>5. Ländliche Elektrifizierung und Hybridsysteme - ein wichtiger Zukunftsmarkt für EE                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Ländliche Elektrifizierung - Einführung</li> <li>◦ Typen von Elektrifizierungsprojekten</li> <li>◦ Die Rolle der EE</li> <li>◦ Auslegung von Hybridsystemen</li> <li>◦ Projektbeispiel: Hybridsystem Galapagos Inseln</li> </ul> </li> <li>6. Ausschreibungsverfahren für EE Projekte - Beispiele                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Südafrika</li> <li>◦ Brasilien</li> </ul> </li> <li>7. Ausgewählte Projektbeispiele aus der Sicht einer Entwicklungsbank - Wesley Urena Vargas, KfW Entwicklungsbank                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Geothermie</li> <li>◦ Wind oder CSP</li> </ul> </li> </ol> <p>Innerhalb des Seminars werden die verschiedenen Themenschwerpunkte aktiv diskutiert und auf verschiedene Anwendungsfälle angewandt.</p> |
| <b>Literatur</b>  | Folien der Vorlesung  |

| <b>Lehrveranstaltung L0005: Wirtschaftlichkeit einer regenerativen Energiebereitstellung</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>   | 1  |
| <b>LP</b>  | 1  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14   |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Andreas Wiese  |
| <b>Sprachen</b>  | DE   |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung: Definitionen; Bedeutung der Kosten- und Wirtschaftlichkeitsrechnung für Projekte im Bereich "Regenerative Energien"; Preise und Kosten; Wirtschaftlichkeit von Energiesystemen versus Wirtschaftlichkeit von einzelnen Projekten</li> <li>• Kostenschätzungen und Kostenberechnungen               <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Definitionen,</li> <li>◦ Kostenberechnung,</li> <li>◦ Kostenschätzung,</li> <li>◦ Berechnung von Kosten für Bereitstellung von Arbeit und Leistung,</li> <li>◦ Kostenübersichten für regenerative Energietechnologien,</li> <li>◦ Speicher: Kostenübersichten; Einfluss auf die Kosten erneuerbarer Energieprojekte</li> </ul> </li> <li>• Wirtschaftlichkeitsrechnung               <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Definitionen,</li> <li>◦ Methoden: statische Verfahren, dynamische Verfahren (z. B. LCOE (levelised cost of electricity)),</li> <li>◦ Betriebswirtschaftliche versus volkswirtschaftliche Betrachtung,</li> <li>◦ Leistung und Arbeit bei der Wirtschaftlichkeitsrechnung,</li> <li>◦ Speicher und ihr Einfluss auf die Wirtschaftlichkeitsrechnung</li> </ul> </li> <li>• Der Due Diligence Prozess als Begleiter der Wirtschaftlichkeitsanalyse</li> <li>• Berücksichtigung von Unsicherheiten bei Projekten zur Nutzung erneuerbarer Energien               <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Definitionen,</li> <li>◦ Technische Unsicherheiten,</li> <li>◦ Kostenunsicherheiten,</li> <li>◦ Sonstige Unsicherheiten</li> </ul> </li> <li>• Projektfinanzierung               <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Definitionen,</li> <li>◦ Projekt- versus Unternehmensfinanzierung,</li> <li>◦ Finanzierungsmodelle,</li> <li>◦ Eigenkapitalquote, DSCR,</li> <li>◦ Behandlung von Risiken in der Projektfinanzierung</li> </ul> </li> <li>• Fördermöglichkeiten für erneuerbare Energieprojekte               <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Mögliche Förderansätze,</li> <li>◦ Gesetzliche Vorgaben in Deutschland (EEG),</li> <li>◦ Emissionshandel und Emissionszertifikate</li> </ul> </li> </ul> |
| <b>Literatur</b>   | Script der Vorlesung   |

| <b>Lehrveranstaltung L0006: Wirtschaftlichkeit einer regenerativen Energiebereitstellung</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Projektseminar   |
| <b>SWS</b>   | 1  |
| <b>LP</b>  | 1  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>   | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14   |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Andreas Wiese  |
| <b>Sprachen</b>  | DE   |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>  | <p>Berechnung von Aufgaben zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit eines erneuerbaren Energieprojektes, mit dem Ziel die komplexe Kenntnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und Marktanalyse zu vertiefen. Bearbeitung erfolgt sowohl einzeln als auch in kleineren Gruppen. Folgende Themen werden behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stat. und dyn. Wirtschaftlichkeitsberechnung</li> <li>• Kostenschätzung plus stat. und dyn. Wirtschaftlichkeitsberechnung</li> <li>• Sensitivitätsanalyse</li> <li>• Kuppelproduktion</li> <li>• Grid Parity Berechnung</li> </ul> <p>Innerhalb des Seminars werden die verschiedenen Aufgabenstellungen aktiv diskutiert und auf verschiedene Anwendungsfälle angewandt.</p> |
| <b>Literatur</b>   | Skript der Vorlesung   |

| Modul M1309: Auslegung und Bewertung regenerativer Energiesysteme |  |            |           |
|---|--|------------|-----------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>  |  |            |           |
| <b>Titel</b>  | <b>Typ</b>   | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
| Erneuerbare Energien im Energiesystem (L0137)                     | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung   | 2          | 2         |
| Stromerzeugung aus regenerativen Energien (L0046)                 | Seminar  | 2          | 2         |
| Wärmeerzeugung aus regenerativen Energien (L0045)                 | Seminar  | 2          | 2         |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                                      | Prof. Martin Kaltschmitt   |            |           |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                                  | Keine  |            |           |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                                   | keine  |            |           |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>                     | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |            |           |
| <b>Fachkompetenz</b>  | Die Studierenden können aktuellen Frage- und Problemstellungen aus dem Gebiet der regenerativen Energien beschreiben und Aspekte in Bezug zur Bereitstellung von Wärme oder Strom durch unterschiedliche Erneuerbare Energien Technologien erklären, erläutern und technisch, ökonomisch und ökologisch bewerten.  |            |           |
| <i>Wissen</i>   |  |            |           |
| <b>Fertigkeiten</b>   | Die Studierenden sind in der Lage zur Lösung wissenschaftlicher Probleme im Bereich der Strom- und Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen:   |            |           |
| <i>Fertigkeiten</i>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das bereits erlernte Fachwissen modulübergreifend auf verschiedene Anwendungsfälle anzuwenden</li> <li>• Auch bei unvollständiger Datenbasis alternative Eingangsdaten zur Lösung der Aufgabenstellung abzuwägen (technische, ökonomische, ökologische Parameter)</li> <li>• Die Arbeitsergebnisse durch Ausarbeitung einer schriftlichen Arbeit, durch die Präsentation eines Vortrags und der Verteidigung der Inhalte systematische zu dokumentieren.</li> </ul>   |            |           |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                                      | Die Studierenden können  |            |           |
| <i>Sozialkompetenz</i>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• im Team von circa 2-3 Personen zusammenarbeiten,</li> <li>• wissenschaftliche Aufgabenstellungen zur Auslegung und Potentialanalyse von Systemen zur Strom- und Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien fachspezifische und fachübergreifende diskutieren und gemeinsame Lösungen entwickeln,</li> <li>• ihre eigenen Arbeitsergebnisse vor Kommilitonen vertreten und</li> <li>• die Leistungen der Kommilitonen im Vergleich zu Ihrer eigenen Leistung einschätzen und mit Rückmeldungen zu ihren eigenen Leistungen umgehen.</li> </ul> |            |           |
| <i>Selbstständigkeit</i>  | Die Studierenden können sich selbstständig Quellen über die zu bearbeitende Fragestellung erschließen, sich das darin enthaltene Wissen aneignen. Sie sind fähig in Rücksprache mit Lehrenden ihren jeweiligen Lernstand konkret zu beurteilen und auf dieser Basis weitere Fragestellungen und für die Lösung notwendigen Arbeitsschritte zu definieren.  |            |           |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                  | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84   |            |           |
| <b>Leistungspunkte</b>  | 6  |            |           |
| <b>Studienleistung</b>  | Keine  |            |           |
| <b>Prüfung</b>  | Schriftliche Ausarbeitung  |            |           |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                                  | je Lehrveranstaltung ca. 20 Minuten Vortrag + schriftliche Ausarbeitung  |            |           |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>                           | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Kernqualifikation: Pflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht  |            |           |

| Lehrveranstaltung L0137: Erneuerbare Energien im Energiesystem |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung  |
| <b>SWS</b>   | 2   |
| <b>LP</b>  | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                               | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Martin Kaltschmitt  |
| <b>Sprachen</b>  | DE  |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>  | <p>Die Vorlesung ist aufbauend auf den Vorlesungen "Stromerzeugung aus regenerativen Energien" und "Wärmeerzeugung aus regenerativen Energien".</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorbesprechung mit Diskussion der Spielregeln</li> <li>• Ausgabe der Themen aus dem Bereich <b>der erneuerbaren Energietechnik in Form einer Ausschreibung von Ingenieurdienstleistungen</b> an eine Gruppen von Studierenden (je nach Anzahl der teilnehmenden Studierenden)</li> <li>• <b>"Ausschreibungen" beschäftigen sich mit Aspekten der Auslegung, Kostenberechnung sowie der ökologischen, ökonomischen und technischen Bewertung von verschiedenen Energieerzeugungskonzepten (z. B. Onshore-Windstromerzeugung, groß-technische Photovoltaik-Stromerzeugung, Biogaserzeugung, geothermischer Strom- und Wärmeerzeugung) unter ganz speziellen Gegebenheiten</b></li> <li>• Abgabe eines schriftlichen Lösungsansatz zur Aufgabenstellung und Verteilung an die Teilnehmer durch den Studierenden / die Gruppe von Studierenden</li> <li>• Vortrag des bearbeiteten Themas (20 min) mit PPT-Präsentation und anschließende Diskussion (ca. 20 min)</li> <li>• Teilnahmepflicht bei allen Seminaren</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>   | Eigenständiges Literaturstudium in der Bibliothek und aus anderen Quellen.  |

| Lehrveranstaltung L0046: Stromerzeugung aus regenerativen Energien |   |
|--|---|
| <b>Typ</b>   | Seminar   |
| <b>SWS</b>   | 2   |
| <b>LP</b>  | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                   | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>  | Prof. Martin Kaltschmitt  |
| <b>Sprachen</b>  | DE  |
| <b>Zeitraum</b>  | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorbesprechung mit Diskussion der Seminarspielregeln</li> <li>• Ausgabe der Themen aus dem Bereich des Seminarthemas an einzelne Studierende / Gruppen von Studierenden (je nach Anzahl der teilnehmenden Studierenden)</li> <li>• Abgabe einer 5-seitigen Zusammenfassung des Seminarthemas und Verteilung an die Teilnehmer durch den Studierenden / die Gruppe von Studierenden</li> <li>• Vortrag des bearbeiteten Themas (30 min) mit PPT-Präsentation und anschließende Diskussion (ca. 20 min)</li> <li>• Teilnahmepflicht bei allen Seminaren</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenständiges Literaturstudium in der Bibliothek und aus anderen Quellen.</li> </ul>  |

| <b>Lehrveranstaltung L0045: Wärmeerzeugung aus regenerativen Energien</b> |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Seminar   |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 2   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>   | Prof. Martin Kaltschmitt  |
| <b>Sprachen</b>   | DE  |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe  |
| <b>Inhalt</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorbesprechung mit Diskussion der Seminarspielregeln</li> <li>• Ausgabe der Themen aus dem Bereich des Seminarthemas an einzelne Studierende / Gruppen von Studierenden (je nach Anzahl der teilnehmenden Studierenden)</li> <li>• Abgabe einer 5-seitigen Zusammenfassung des Seminarthemas und Verteilung an die Teilnehmer durch den Studierenden / die Gruppe von Studierenden</li> <li>• Vortrag des bearbeiteten Themas (30 min) mit PPT-Präsentation und anschließende Diskussion (ca. 20 min)</li> <li>• Teilnahmepflicht bei allen Seminaren</li> </ul> |
| <b>Literatur</b>  | Eigenständiges Literaturstudium in der Bibliothek und aus anderen Quellen.  |

| Modul M0822: Modellierung von Prozessen in der Wassertechnologie |  |            |           |
|--|--|------------|-----------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                                       |  |            |           |
| <b>Titel</b>   | <b>Typ</b>   | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
| Modellierung der Prozesse der Abwasserbehandlung (L0522)         | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung   | 2          | 3         |
| Modellierung von Prozessen der Trinkwasseraufbereitung (L0314)   | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung   | 2          | 3         |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                                     | Dr. Klaus Johannsen  |            |           |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                                 | Keine  |            |           |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                                  | Verständnis der wichtigsten Prozesse in der Trinkwasseraufbereitung und der Abwasserbehandlung   |            |           |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>                    | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |            |           |
| <b>Fachkompetenz</b>   | <p><i>Wissen</i></p> <p>Die Studierenden können ausgewählte Prozesse der Trinkwasseraufbereitung und Abwasserbehandlung detailliert beschreiben. Sie können die Grundlagen sowie die Möglichkeiten und Grenzen der dynamischen Modellierung erklären.</p> <p><i>Fertigkeiten</i></p> <p>Studierende können die wichtigsten Funktionen der Programmiersprache Modelica anwenden. Sie können ausgewählte Prozesse der Trinkwasseraufbereitung und Abwasserbehandlung detailliert im Hinblick auf Gleichgewicht, Kinetik und Stoffbilanzen in ein mathematisches Modell umsetzen und in OpenModelica realisieren. Studierende können Modelle selbst erstellen, anwenden und die Möglichkeiten und Grenzen einschätzen.</p> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i></p> <p>Die Studierenden können in einer fachlich heterogenen Gruppe Problemstellungen lösen und diese dokumentieren. Sie können angemessen Feedback geben und mit Rückmeldungen zu ihren eigenen Leistungen konstruktiv umgehen.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i></p> <p>Die Studierenden sind in der Lage eigenständig ein Problem zu definieren, sich das erforderliche Wissen anzueignen und daraus ein Modell zu erstellen.</p> |            |           |
| <i>Wissen</i>  |  |            |           |
| <i>Fertigkeiten</i>  |  |            |           |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                                     |  |            |           |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                 | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56  |            |           |
| <b>Leistungspunkte</b>   | 6  |            |           |
| <b>Studienleistung</b>   | Keine  |            |           |
| <b>Prüfung</b>   | Klausur  |            |           |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                                 | 1,5 Stunden  |            |           |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>                          | Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht<br>Environmental Engineering: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Joint European Master in Environmental Studies - Cities and Sustainability: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht   |            |           |

| Lehrveranstaltung L0522: Modellierung der Prozesse der Abwasserbehandlung |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung  |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>   | Dr. Joachim Behrendt  |
| <b>Sprachen</b>   | DE/EN   |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>   | Massen- und Energiebilanzen<br>Tracer Modellierung<br>Belebtschlammverfahren<br>Kläranlage (kontinuierlich und als SBR)<br>Schlammbehandlung (ADM, aerob autotherm)<br>Biofilmmodellierung  |
| <b>Literatur</b>  | <p><b>Henze, Mogens</b> (Seminar on Activated Sludge Modelling, ; Kollokollo Seminar on Activated Sludge Modelling, ;)<br/>                     Activated sludge modelling : processes in theory and practice ; selected proceedings of the 5th Kollokollo Seminar on Activated Sludge Modelling, held in Kollokollo, Denmark, 10 - 12 September 2001<br/>                     ISBN: 1843394146<br/>                     [London] : IWA Publ., 2002<br/>                     TUB_HH_Katalog</p> <p><b>Henze, Mogens</b><br/>                     Activated sludge models ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3<br/>                     ISBN: 1900222248<br/>                     London : IWA Publ., 2002<br/>                     TUB_HH_Katalog</p> <p><b>Henze, Mogens</b><br/>                     Wastewater treatment : biological and chemical processes<br/>                     ISBN: 3540422285 (Pp.)<br/>                     Berlin [u.a.] : Springer, 2002<br/>                     TUB_HH_Katalog</p> <p><b>Wiesmann, Udo</b> (Choi, In Su; Dombrowski, Eva-Maria;)<br/>                     Fundamentals of biological wastewater treatment<br/>                     ISBN: 3527312196 (Gb.) URL: <a href="http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?id=2774611&amp;prov=M&amp;dok_var=1&amp;dok_ext=htm">http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?id=2774611&amp;prov=M&amp;dok_var=1&amp;dok_ext=htm</a><br/>                     Weinheim : WILEY-VCH, 2007<br/>                     TUB_HH_Katalog</p> |

| Lehrveranstaltung L0314: Modellierung von Prozessen der Trinkwasseraufbereitung |   |
|---|---|
| <b>Typ</b>  | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung  |
| <b>SWS</b>  | 2   |
| <b>LP</b>   | 3   |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28  |
| <b>Dozenten</b>   | Dr. Klaus Johannsen   |
| <b>Sprachen</b>   | DE/EN   |
| <b>Zeitraum</b>   | WiSe  |
| <b>Inhalt</b>   | <p>In dieser Veranstaltung werden ausgewählte Prozesse der Trinkwasseraufbereitung mit der Programmiersprache Modelica dynamisch modelliert. Beispiele hierfür sind Belüftung oder Aktivkohleadsorption. Zur Anwendung kommt OpenModelica, ein freizugängliches Frontend der Programmiersprache Modelica, das zunehmend in der Industrie und in der Forschung angewandt wird.</p> <p>Zu Beginn der Veranstaltung erfolgt an einfachen Beispielen eine Einführung in die Bedienung und Anwendung von OpenModelica. Gemeinsam werden die einzelnen erforderlichen Bestandteile und die Struktur der Modelle erarbeitet. Die Umsetzung in OpenModelica und die Anwendung erfolgt dann selbständig in Gruppenarbeit bzw. in Einzelarbeit. Für die Modelle erhalten die Studierenden ein Feedback und können Bonuspunkte für die Klausur erwerben.</p>   |
| <b>Literatur</b>  | <p><b>OpenModelica:</b> <a href="https://openmodelica.org/index.php/download/download-windows">https://openmodelica.org/index.php/download/download-windows</a></p> <p><b>OpenModelica</b> - <b>Modelica</b> <b>Tutorial:</b><br/> <a href="https://openmodelica.org/index.php/useresresources/userdocumentation">https://openmodelica.org/index.php/useresresources/userdocumentation</a></p> <p><b>OpenModelica</b> - <b>Users</b> <b>Guide:</b><br/> <a href="https://openmodelica.org/index.php/useresresources/userdocumentation">https://openmodelica.org/index.php/useresresources/userdocumentation</a></p> <p><b>Peter Fritzson:</b> Principles of Object-Oriented Modeling and Simulation with Modelica 2.1, Wiley-IEEE Press, ISBN 0-471-471631.</p> <p><b>MHW (rev. by Crittenden, J. et al.):</b> Water treatment principles and design. John Wiley &amp; Sons, Hoboken, 2005.</p> <p><b>Stumm, W., Morgan, J.J.:</b> Aquatic chemistry. John Wiley &amp; Sons, New York, 1996.</p> <p><b>DVGW (Hrsg.):</b> Wasseraufbereitung - Grundlagen und Verfahren. Oldenbourg Industrie Verlag, München, 2004.</p> |

| Modul M0802: Membrane Technology              |   |                |            |           |
|---|---|----------------|------------|-----------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                    |   |                |            |           |
| <b>Titel</b>                                  |   | <b>Typ</b>     | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
| Membrantechnologie (L0399)                    |   | Vorlesung      | 2          | 3         |
| Membrantechnologie (L0400)                    |   | Gruppenübung   | 1          | 2         |
| Membrantechnologie (L0401)                    |   | Laborpraktikum | 1          | 1         |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                  | Prof. Mathias Ernst   |                |            |           |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>              | None  |                |            |           |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>               | Basic knowledge of water chemistry. Knowledge of the core processes involved in water, gas and steam treatment  |                |            |           |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht   |                |            |           |
| <b>Fachkompetenz</b>                          |   |                |            |           |
| <i>Wissen</i>                                 | Students will be able to rank the technical applications of industrially important membrane processes. They will be able to explain the different driving forces behind existing membrane separation processes. Students will be able to name materials used in membrane filtration and their advantages and disadvantages. Students will be able to explain the key differences in the use of membranes in water, other liquid media, gases and in liquid/gas mixtures.  |                |            |           |
| <i>Fertigkeiten</i>                           | Students will be able to prepare mathematical equations for material transport in porous and solution-diffusion membranes and calculate key parameters in the membrane separation process. They will be able to handle technical membrane processes using available boundary data and provide recommendations for the sequence of different treatment processes. Through their own experiments, students will be able to classify the separation efficiency, filtration characteristics and application of different membrane materials. Students will be able to characterise the formation of the fouling layer in different waters and apply technical measures to control this.   |                |            |           |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                  |   |                |            |           |
| <i>Sozialkompetenz</i>                        | Students will be able to work in diverse teams on tasks in the field of membrane technology. They will be able to make decisions within their group on laboratory experiments to be undertaken jointly and present these to others.   |                |            |           |
| <i>Selbstständigkeit</i>                      | Students will be in a position to solve homework on the topic of membrane technology independently. They will be capable of finding creative solutions to technical questions.  |                |            |           |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>              | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56   |                |            |           |
| <b>Leistungspunkte</b>                        | 6   |                |            |           |
| <b>Studienleistung</b>                        | Keine   |                |            |           |
| <b>Prüfung</b>                                | Klausur   |                |            |           |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>              | 90 min  |                |            |           |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>       | Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Energie- und Umwelttechnik: Vertiefung Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Environmental Engineering: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Joint European Master in Environmental Studies - Cities and Sustainability: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht |                |            |           |

| <b>Lehrveranstaltung L0399: Membrane Technology</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Vorlesung  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                    | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>                                     | Prof. Mathias Ernst  |
| <b>Sprachen</b>                                     | EN   |
| <b>Zeitraum</b>                                     | WiSe   |
| <b>Inhalt</b>                                       | <p>The lecture on membrane technology supply provides students with a broad understanding of existing membrane treatment processes, encompassing pressure driven membrane processes, membrane application in electrodialysis, pervaporation as well as membrane distillation. The lectures main focus is the industrial production of drinking water like particle separation or desalination; however gas separation processes as well as specific wastewater oriented applications such as membrane bioreactor systems will be discussed as well.</p> <p>Initially, basics in low pressure and high pressure membrane applications are presented (microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration, reverse osmosis). Students learn about essential water quality parameter, transport equations and key parameter for pore membrane as well as solution diffusion membrane systems. The lecture sets a specific focus on fouling and scaling issues and provides knowledge on methods how to tackle with these phenomena in real water treatment application. A further part of the lecture deals with the character and manufacturing of different membrane materials and the characterization of membrane material by simple methods and advanced analysis.</p> <p>The functions, advantages and drawbacks of different membrane housings and modules are explained. Students learn how an industrial membrane application is designed in the succession of treatment steps like pre-treatment, water conditioning, membrane integration and post-treatment of water. Besides theory, the students will be provided with knowledge on membrane demo-site examples and insights in industrial practice.</p> |
| <b>Literatur</b>                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• T. Melin, R. Rautenbach: Membranverfahren: Grundlagen der Modul- und Anlagenauslegung (2., erweiterte Auflage), Springer-Verlag, Berlin 2004.</li> <li>• Marcel Mulder, Basic Principles of Membrane Technology, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands</li> <li>• Richard W. Baker, Membrane Technology and Applications, Second Edition, John Wiley &amp; Sons, Ltd., 2004</li> </ul>   |

| <b>Lehrveranstaltung L0400: Membrane Technology</b> |                                    |
|---|------------------------------------|
| <b>Typ</b>  | Gruppenübung                       |
| <b>SWS</b>  | 1                                  |
| <b>LP</b>   | 2                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                    | Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14 |
| <b>Dozenten</b>                                     | Prof. Mathias Ernst                |
| <b>Sprachen</b>                                     | EN                                 |
| <b>Zeitraum</b>                                     | WiSe                               |
| <b>Inhalt</b>                                       | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>                                    | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

| <b>Lehrveranstaltung L0401: Membrane Technology</b> |                                    |
|---|------------------------------------|
| <b>Typ</b>  | Laborpraktikum                     |
| <b>SWS</b>  | 1                                  |
| <b>LP</b>   | 1                                  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                    | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| <b>Dozenten</b>                                     | Prof. Mathias Ernst                |
| <b>Sprachen</b>                                     | EN                                 |
| <b>Zeitraum</b>                                     | WiSe                               |
| <b>Inhalt</b>                                       | Siehe korrespondierende Vorlesung  |
| <b>Literatur</b>                                    | Siehe korrespondierende Vorlesung  |

| Modul M0975: Industrial Bioprocesses in Practice                |  |            |            |           |
|---|--|------------|------------|-----------|
| <b>Lehrveranstaltungen</b>                                      |  |            |            |           |
| <b>Titel</b>  |  | <b>Typ</b> | <b>SWS</b> | <b>LP</b> |
| Industrielle Biotechnologie in der Chemischen Industrie (L2276) |  | Seminar    | 2          | 3         |
| Praxis in der Bioverfahrenstechnik (L2275)                      |  | Seminar    | 2          | 3         |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                                    | Prof. Andreas Liese  |            |            |           |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>                                | None   |            |            |           |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>                                 | Knowledge of bioprocess engineering and process engineering at bachelor level  |            |            |           |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>                   | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |            |            |           |
| <b>Fachkompetenz</b>  | After successful completion of the module  |            |            |           |
| <i>Wissen</i>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>the students can outline the current status of research on the specific topics discussed</li> <li>the students can explain the basic underlying principles of the respective industrial biotransformations</li> </ul>   |            |            |           |
| <i>Fertigkeiten</i>   | After successful completion of the module students are able to <ul style="list-style-type: none"> <li>analyze and evaluate current research approaches</li> <li>plan industrial biotransformations basically</li> </ul>  |            |            |           |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                                    |  |            |            |           |
| <i>Sozialkompetenz</i>  | Students are able to work together as a team with several students to solve given tasks and discuss their results in the plenary and to defend them.   |            |            |           |
| <i>Selbstständigkeit</i>  | The students are able independently to present the results of their subtasks in a presentation   |            |            |           |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56  |            |            |           |
| <b>Leistungspunkte</b>  | 6  |            |            |           |
| <b>Studienleistung</b>  | Keine  |            |            |           |
| <b>Prüfung</b>  | Referat  |            |            |           |
| <b>Prüfungsdauer und -umfang</b>                                | je Veranstaltung 15 min Vortrag and 15 min Diskussion  |            |            |           |
| <b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>                         | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie und Bioprozesstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie und Bioprozesstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Management und Controlling: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Management und Controlling: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung B - Industrielle Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht |            |            |           |

| <b>Lehrveranstaltung L2276: Industrial biotechnology in Chemical Industry</b> |  |
|---|--|
| <b>Typ</b>  | Seminar  |
| <b>SWS</b>  | 2  |
| <b>LP</b>   | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>  | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>   | Dr. Stephan Freyer   |
| <b>Sprachen</b>   | EN   |
| <b>Zeitraum</b>   | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>   | This course gives an insight into the applications, processes, structures and boundary conditions in industrial practice. Various concrete applications of the technology, markets and other questions that will significantly influence the plant and process design will be shown.   |
| <b>Literatur</b>  | <p>Chmiel H (ed). Bioprozesstechnik, Springer 2011, ISBN: 978-3-8274-2476-1 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen]</p> <p>Bailey, James and David F. Ollis: Biochemical Engineering Fundamentals. -2nd ed.; New York: McGraw Hill, 1986.</p> <p>Becker, Th. et al. (2008) Biotechnology. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract">http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract</a></p> <p>Doran, Pauline M.: Bioprocess Engineering Principles, Academic Press, 2003</p> <p>Hass, V. und R. Pörtner: Praxis der Bioprozesstechnik. Spektrum Akademischer Verlag (2011), 2. Auflage</p> <p>Krahe M (2003) Biochemical Engineering. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html">http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html</a></p> <p>Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts</p> |

| <b>Lehrveranstaltung L2275: Practice in bioprocess engineering</b> |  |
|--|--|
| <b>Typ</b>   | Seminar  |
| <b>SWS</b>   | 2  |
| <b>LP</b>  | 3  |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>                                   | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28   |
| <b>Dozenten</b>  | Dr. Willfried Blümke   |
| <b>Sprachen</b>  | EN   |
| <b>Zeitraum</b>  | SoSe   |
| <b>Inhalt</b>  | Content of this course is a concrete insight into the principles, processes and structures of an industrial biotechnology company. In addition to practical illustrative examples, aspects beyond the actual process engineering area are also addressed, such as e.g. Sustainability and engineering.   |
| <b>Literatur</b>   | <p>Chmiel H (ed). Bioprozesstechnik, Springer 2011, ISBN: 978-3-8274-2476-1 [Titel anhand dieser ISBN in Citavi-Projekt übernehmen]</p> <p>Bailey, James and David F. Ollis: Biochemical Engineering Fundamentals. -2nd ed.; New York: McGraw Hill, 1986.</p> <p>Becker, Th. et al. (2008) Biotechnology. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract">http://www.mrw.interscience.wiley.com/emrw/9783527306732/ueic/article/a04_107/current/abstract</a></p> <p>Doran, Pauline M.: Bioprocess Engineering Principles, Academic Press, 2003</p> <p>Hass, V. und R. Pörtner: Praxis der Bioprozesstechnik. Spektrum Akademischer Verlag (2011), 2. Auflage</p> <p>Krahe M (2003) Biochemical Engineering. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. <a href="http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html">http://www.mrw.interscience.wiley.com/ueic/articles/b04_381/frame.html</a></p> <p>Schuler, M.L. / Kargi, F.: Bioprocess Engineering - Basic concepts</p> |

## Thesis

| Modul M-002: Masterarbeit                     |  |     |    |
|---|--|-----|----|
| Lehrveranstaltungen                           |  |     |    |
| Titel   | Typ  | SWS | LP |
| <b>Modulverantwortlicher</b>                  | Professoren der TUHH   |     |    |
| <b>Zulassungsvoraussetzungen</b>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Laut ASPO § 21 (1):<br/>Es müssen mindestens 60 Leistungspunkte im Studiengang erworben worden sein. Über Ausnahmen entscheidet der Prüfungsausschuss.</li> </ul>   |     |    |
| <b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>               | keine  |     |    |
| <b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b> | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht  |     |    |
| <b>Fachkompetenz</b>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden können das Spezialwissen (Fakten, Theorien und Methoden) ihres Studienfaches sicher zur Bearbeitung fachlicher Fragestellungen einsetzen.</li> <li>Die Studierenden können in einem oder mehreren Spezialbereichen ihres Faches die relevanten Ansätze und Terminologien in der Tiefe erklären, aktuelle Entwicklungen beschreiben und kritisch Stellung beziehen.</li> <li>Die Studierenden können eine eigene Forschungsaufgabe in ihrem Fachgebiet verorten, den Forschungsstand erheben und kritisch einschätzen.</li> </ul> |     |    |
| <i>Wissen</i>                                 |  |     |    |
| <i>Fertigkeiten</i>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden sind in der Lage, für die jeweilige fachliche Problemstellung geeignete Methoden auszuwählen, anzuwenden und ggf. weiterzuentwickeln.</li> <li>Die Studierenden sind in der Lage, im Studium erworbenes Wissen und erlernte Methoden auch auf komplexe und/oder unvollständig definierte Problemstellungen lösungsorientiert anzuwenden.</li> <li>Die Studierenden können in ihrem Fachgebiet neue wissenschaftliche Erkenntnisse erarbeiten und diese kritisch beurteilen.</li> </ul>   |     |    |
| <b>Personale Kompetenzen</b>                  | Studierende können   |     |    |
| <i>Sozialkompetenz</i>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>eine wissenschaftliche Fragestellung für ein Fachpublikum sowohl schriftlich als auch mündlich strukturiert, verständlich und sachlich richtig darstellen.</li> <li>in einer Fachdiskussion Fragen fachkundig und zugleich adressatengerecht beantworten und dabei eigene Einschätzungen überzeugend vertreten.</li> </ul>  |     |    |
| <i>Selbstständigkeit</i>                      | Studierende sind fähig, <ul style="list-style-type: none"> <li>ein eigenes Projekt in Arbeitspakete zu strukturieren und abzuarbeiten.</li> <li>sich in ein teilweise unbekanntes Arbeitsgebiet des Studiengangs vertieft einzuarbeiten und dafür benötigte Informationen zu erschließen.</li> <li>Techniken des wissenschaftlichen Arbeitens umfassend in einer eigenen Forschungsarbeit anzuwenden.</li> </ul>   |     |    |
| <b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>              | Eigenstudium 900, Präsenzstudium 0   |     |    |
| <b>Leistungspunkte</b>                        | 30   |     |    |
| <b>Studienleistung</b>                        | Keine  |     |    |

| Prüfungsdauer und -umfang                      | Prüfung<br>Abschlussarbeit<br>laut ASPO   |
|--|---|
| <p><b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b></p> | <p>Bauingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht<br/>                     Bioverfahrenstechnik: Abschlussarbeit: Pflicht<br/>                     Chemical and Bioprocess Engineering: Abschlussarbeit: Pflicht<br/>                     Computer Science: Abschlussarbeit: Pflicht<br/>                     Elektrotechnik: Abschlussarbeit: Pflicht<br/>                     Energie- und Umwelttechnik: Abschlussarbeit: Pflicht<br/>                     Energietechnik: Abschlussarbeit: Pflicht<br/>                     Environmental Engineering: Abschlussarbeit: Pflicht<br/>                     Flugzeug-Systemtechnik: Abschlussarbeit: Pflicht<br/>                     Global Innovation Management: Abschlussarbeit: Pflicht<br/>                     Informatik-Ingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht<br/>                     Information and Communication Systems: Abschlussarbeit: Pflicht<br/>                     Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht<br/>                     Joint European Master in Environmental Studies - Cities and Sustainability:<br/>                     Abschlussarbeit: Pflicht<br/>                     Logistik, Infrastruktur und Mobilität: Abschlussarbeit: Pflicht<br/>                     Materialwissenschaft: Abschlussarbeit: Pflicht<br/>                     Mathematical Modelling in Engineering: Theory, Numerics, Applications:<br/>                     Abschlussarbeit: Pflicht<br/>                     Mechanical Engineering and Management: Abschlussarbeit: Pflicht<br/>                     Mechatronics: Abschlussarbeit: Pflicht<br/>                     Medizingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht<br/>                     Microelectronics and Microsystems: Abschlussarbeit: Pflicht<br/>                     Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Abschlussarbeit: Pflicht<br/>                     Regenerative Energien: Abschlussarbeit: Pflicht<br/>                     Schiffbau und Meerestechnik: Abschlussarbeit: Pflicht<br/>                     Ship and Offshore Technology: Abschlussarbeit: Pflicht<br/>                     Teilstudiengang Lehramt Metalltechnik: Abschlussarbeit: Pflicht<br/>                     Theoretischer Maschinenbau: Abschlussarbeit: Pflicht<br/>                     Verfahrenstechnik: Abschlussarbeit: Pflicht<br/>                     Wasser- und Umweltingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht<br/>                     Zulassungs- und Sachverständigenwesen in der Luftfahrt: Abschlussarbeit: Pflicht</p> |