

# Modulhandbuch

**gemeinsamer konsekutiver Masterstudiengang  
Industrielle Biotechnologie  
der Hochschule Biberach und der Universität Ulm**

Stand: 29.08.2018

Prüfungsordnungsversion 2018

Für die Richtigkeit der im Modulhandbuch aufgeführten  
SWS und LP wird keine Gewähr übernommen.  
Verbindlich ist die SPO.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Modul: Aktuelle Themen der Industriellen Biotechnologie</b> .....	2
<b>Modul: Biokatalyse</b> .....	8
<b>Modul: Biotechnologische Prozesse</b> .....	11
<b>Modul: Enzyme Engineering</b> .....	14
<b>Modul: Enzymtechnologie</b> .....	17
<b>Modul: Masterarbeit</b> .....	20
<b>Modul: Metabolic Engineering</b> .....	22
<b>Modul: Modellbildung und Simulation</b> .....	25
<b>Modul: Phototrophenbiotechnologie</b> .....	27
<b>Modul: System-Biotechnologie</b> .....	30
<b>Modul: Technische Mikrobiologie</b> .....	32
<b>Modul: Verfahrenstechnik</b> .....	35
<b>Modul: Wissenschaftliche Projektarbeit I</b> .....	38
<b>Modul: Wissenschaftliche Projektarbeit II</b> .....	41

## Modul: Aktuelle Themen der Industriellen Biotechnologie

<b>Veranstaltungsort</b>	Universität Ulm
<b>Code</b>	MIB06-AIB: PO5 97600
<b>ECTS-Punkte</b>	6
<b>Präsenzzeit</b>	4/5 SWS
<b>Unterrichtssprache</b>	Deutsch, Englisch
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Turnus</b>	Jedes Sommersemester
<b>Modulkoordinator(en)</b>	Dr. Frank Rosenau, Dr. Frank Bengelsdorf, Dr. Philipp von Wrangell, Prof. Dr. Uwe Knippschild, Prof. Dr. Constantinos Vorgias (Athens University)
<b>Dozent(en)</b>	Dr. Frank Rosenau, Dr. Frank Bengelsdorf, Prof. Dr. Uwe Knippschild, Prof. Dr. Peter Dürre, Prof. Dr. Bernhard Eikmanns, PD Dr. Christian Riedel, Dr. Gerd Seibold, Dr. Philipp von Wrangell, Dr. Joachim Bischof, Prof. Dr. Constantinos Vorgias (Athens University), externe Sprecher aus der Industrie und anderen Institutionen, N.N.
<b>Einordnung in die Studiengänge</b>	Industrielle Biotechnologie MSc, Beginn SoSe, 1. und 2. Fachsemester, Pflichtmodul Industrielle Biotechnologie MSc, Beginn WiSe, 2. und 3. Fachsemester, Pflichtmodul
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<p>Formal: Vergleiche die dem entsprechenden Studiengang zugehörige fachspezifische Prüfungsordnung in der zum Zeitpunkt des Studienbeginns gültigen bzw. gewählten Fassung.</p> <p>Inhaltlich:</p> <p><b>Ringvorlesung Industrielle Biotechnologie (V)</b> Vertiefte Kenntnisse zum Stoffwechsel von Mikroorganismen: V Mikrobiologie II „Mikrobieller Stoffwechsel“ (B.Sc. Biologie/Biochemie), V Mikrobiologie III „Angewandte Mikrobiologie“ (B.Sc. Biologie/Biochemie), Modul Mikrobiologie (B.Sc. Industrielle Biotechnologie).</p> <p><b>Qualitätssicherung (V)</b> Vorlesungen (bzw. Grundpraktika) in Mikrobiologie, Biochemie, Chemie, Pharmazie.</p> <p><b>Bioethik und Biophilosophie (V/S)</b> keine</p>

### **Biologische Chemie (V)**

Grundkenntnisse der Organischen Chemie

### **Summer School (V/S/Ü)**

Fundierte Kenntnisse in den Bereichen Biochemie, Molekularbiologie, Mikrobiologie und Signaltransduktion.

---

## **Lernziele**

### **Ringvorlesung Industrielle Biotechnologie (V)**

Studierende, die diese Veranstaltung erfolgreich absolviert haben,

- haben Entwicklungstrends, Spezialgebiete und angrenzende Forschungsgebiete der Industriellen Biotechnologie kennen und einzuordnen gelernt
- haben die enorme Breite ihres Faches und Anknüpfungspunkte an benachbarte Wissensgebiete erkannt
- haben den Einblick in interdisziplinäre Themen der Industriellen Biotechnologie vertieft
- haben den Blick auf das Fach Industrielle Biotechnologie erweitert
- haben wichtige Einblicke in umwelt- und gesellschaftspolitische Aspekte im Bereich der industriellen Biotechnologie bekommen

### **Qualitätssicherung (V)**

Studierende, die diese Veranstaltung erfolgreich absolviert haben,

- verfügen über grundlegende Kenntnisse zu Installation und Betrieb pharmazeutischer Fertigungsprozesse im Rahmen der gesetzlichen Vorschriften
- sind befähigt, pharmazeutische Fertigung an realen, praktischen Beispielen nachzuvollziehen
- erhalten eine theoretische Vorbereitung auf ein wichtiges potenzielles Berufsfeld

### **Bioethik und Biophilosophie (V/S)**

Studierende, die diese Veranstaltung erfolgreich absolviert haben,

- verfügen über grundlegende Kenntnisse zu den gängigen Theorien und Modellen in der Biophilosophie und Bioethik
- sind befähigt, biologische Themen vor dem Hintergrund biophilosophischer Erkenntnisse darzustellen und zu diskutieren

### **Biologische Chemie (V)**

Studierende, die diese Veranstaltung erfolgreich absolviert haben,

- haben Kenntnisse der biologischen/biochemischen Abläufe in der Zelle, die mit chemischen Werkzeugen manipuliert werden können, ausgebaut und vertieft
- können chemische Optionen benennen, um Transportprozesse in lebende Zellen zu beeinflussen
- können die Arten sogenannter „Biologicals“ vergleichen

- kennen Methoden der Durchmusterung von Bibliotheken („Screening“) nach Wirkstoffkandidaten
- kennen grundlegende Konzepte der Herstellung und zum Einsatz von Biomaterialien
- können Strategien zur bio-inspirierten Materialsynthese verstehen und vergleichen
- kennen biotechnologische Methoden zur Optimierung von Proteinen durch Einführung nicht-natürlicher Aminosäuren

### **Summer School (V/S/Ü)**

Studierende, die diese Veranstaltung erfolgreich absolviert haben,

- haben vertiefte Kenntnisse über Methoden zur Proteinproduktion
- verstehen die Beziehungen zwischen Proteinstruktur und Funktion
- besitzen Kenntnisse über thermodynamische Aspekte von Proteinen
- erhalten Einblicke in das Potential von Modeling Modellen
- beherrschen in silico Methoden zur Darstellung von Protein-Inhibitor und Protein-Ligand Interaktionen
- kennen Methoden zur Kristallisation von Proteinen
- haben die Bestimmung von Proteinstrukturen mit Hilfe von Röntgenstrukturanalysen erlernt

---

## **Inhalt**

In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt:

### **Ringvorlesung Industrielle Biotechnologie (V)**

- Aktuelle Themen der Biotechnologie, insbesondere der industriellen Biotechnologie
- Aktuelle Forschungsthemen verschiedener Einrichtungen der UUlM
- Aktuelle Themen angrenzender Themengebiete, interdisziplinäre Themen
- Übersicht über Forschungsgebiete und Stand der aktuellen Forschung in der relevanten Industrie und anderen forschenden Institutionen durch Vorträge eingeladener Gäste

### **Qualitätssicherung (V)**

- Qualitätswesen und Sterilisation/Validierung bei Medizinprodukten
- Entwicklung, Herstellung und Formulierung therapeutischer Glycoproteine
- Bioanalytische Methoden unter GLP-Bedingungen
- Hygienisches Design von pharmazeutischen Produktionsanlagen
- Chemische Qualitätskontrollen von Wirk- und Hilfsstoffen
- Regelwerke und Kontrollbehörden: GMP und GLP
- Mikrobiologie in der Pharmaindustrie
- Neue Technologien und Strategien zur Analyse von Arzneimitteln
- Biotechnologische Produktion von Biosimilars
- Design der Produktionsanlagen bei verschiedenen Kulturtechniken und Produktionsorganismen

### **Bioethik und Biophilosophie (V/S)**

- Begriffsklärung Bioethik / Biophilosophie  
Wissenschaftstheorie; sein und sollen / können und dürfen; (evolutionäre) Erkenntnistheorie
- Was ist Biologie?  
Die Wissenschaft vom Lebendigen  
Wo sind die Grenzen der Biologie?  
Abgrenzung zu den Nachbardisziplinen Chemie/Physik aber auch Medizin und Psychologie; was ist „Metaphysik“?
- Seminar: Vorstellung u. Diskussion biologisch/medizinischer Themen mit „biophilosophischem Potential“

### **Biologische Chemie (V)**

- Zelluläre Abläufe, die durch chemische Werkzeuge beeinflusst werden können
- Stoffaufnahme, „drug-delivery“
- Bindemoleküle, Antikörperderivate, Aptamere, Peptide, andere Proteine
- Liganden/ Rezeptorinteraktionen
- Chemische Modifikation von Nukleinsäuren und Proteinen
- Gerichtete Evolution: Technologie, Möglichkeiten
- Biomaterialien, Synthese, Einsatz, Vor- und Nachteile
- Screening-Techniken
- Biotechnologie der Wirk- und Werkstoffsynthese
- Peptide als Wirkstoffe
- Phagen-Display
- SELEX-Prozess zur Aptamerisolierung
- „Spiegelbild“-SELEX und Phagendisplay zur Isolierung von Bindemolekülen

### **Summer School (V/S/Ü)**

- Vorlesung (von Dozenten der Universität Athen und der Universität Ulm; englisch):
  - Produktion rekombinanter Proteine
  - Proteinstruktur
  - Proteinfunktion
  - Proteinstabilität
  - Proteindesign
  - Thermodynamik und Interaktionen von Proteinen von medizinischem und biotechnologischem Interesse
- Seminar:  
Zusätzlich zu den Vorträgen der Dozenten werden weitere aktuelle Themen über Proteinstruktur und Funktionen, Wechselwirkungen zwischen Enzymen und Inhibitoren sowie über proteinchemische Methoden von den Kursteilnehmern in Form eines englischen Vortrags präsentiert und eine schriftliche Zusammenfassung des jeweiligen Themas erstellt. Der Vortrag wird benotet.
- Übung:

Besuch der NRC, NHI und UOA Pharmacy Units der Universität Athen. Hier finden sowohl Einführungsvorlesungen zu den Themen "Theory on Modern Bioinformatics and in silico modeling" und „Theory on Drug Design and NMR techniques" als auch praktische Übungen statt.

Die Veranstaltung „Summer School“ findet Ende August, Anfang September als gemeinsame Veranstaltung der Universität Athen, der Universität Ulm und der Hochschule Biberach in Athen statt. Für die Teilnahme ist eine **verbindliche Anmeldung** bis Ende Dezember des vorangegangenen Jahres Voraussetzung. Die Summer School findet nur bei einer Mindestteilnehmerzahl von ca. 30 Studierenden statt.

---

## Literatur

### Ringvorlesung Industrielle Biotechnologie (V)

- Mara D. and N. Horan N. (Eds.), 2003. The Handbook of Water and Wastewater Microbiology, D., Academic Press
- Steinbüchel A. und F.B. Oppermann-Sanio F.B., 2003. Mikrobiologisches Praktikum Springer-Verlag Berlin

### Qualitätssicherung (V)

- Unterlagen (PowerPoint-Folien) zu den Vorträgen werden über eine Email-Liste an die Teilnehmer verschickt.

### Bioethik und Biophilosophie (V/S)

- Vollmer 2010. Biophilosophie, Reclam
- Düwell / Steigleder (Hrsgb.) 2003. Bioethik, Eine Einführung
- Mahner / Bunge 2000. Philosophische Grundlagen der Biologie

### Biologische Chemie (V)

- wird in der Vorlesung zur Verfügung gestellt

### Summer School (V/S/Ü)

- aktuelle Veröffentlichungen in international angesehenen Fachjournals zur Thematik

---

## Lehr- und Lernformen

- Ringvorlesung Industrielle Biotechnologie (V), 2 SWS, 3 LP

### Wahlveranstaltung: 1 aus 4:

- Qualitätssicherung (V), 2 SWS, 3 LP
- Bioethik und Biophilosophie (V/S), 2 SWS, 3 LP
- Biologische Chemie (V), 2 SWS, 3 LP
- Summer School (V + S + Ü), 3 SWS, 3 LP

---

## Arbeitsaufwand

Präsenzzeit: 56/70 h  
Selbststudium: 124/110 h  
Summe: 180 h

---

## Prüfungsvorleistung

**Ringvorlesung Industrielle Biotechnologie (V)**

- Zur Erreichung des Lernerfolgs sind **85 % Anwesenheit** in der Veranstaltung notwendig. Erfolgt die Abwesenheit von mehr als 15 % aus nicht vom Studierenden vertretbaren Gründen, können Fehltermine in einer vergleichbaren Veranstaltung in Absprache mit dem Studiendekanat nachgeholt werden.

#### **Qualitätssicherung (V)**

- Zur Erreichung des Lernerfolgs sind **85 % Anwesenheit** in der Veranstaltung notwendig. Erfolgt die Abwesenheit von mehr als 15 % aus nicht vom Studierenden vertretbaren Gründen, können Fehltermine in einer vergleichbaren Veranstaltung in Absprache mit dem Studiendekanat nachgeholt werden.

#### **Bioethik und Biophilosophie (V/S)**

- Zur Erreichung des Lernerfolgs sind **85 % Anwesenheit** in der Veranstaltung notwendig. Erfolgt die Abwesenheit von mehr als 15 % aus nicht vom Studierenden vertretbaren Gründen, können Fehltermine in einer vergleichbaren Veranstaltung in Absprache mit dem Studiendekanat nachgeholt werden.

#### **Biologische Chemie (V)**

- **keine**

#### **Summer School (V/S/Ü)**

- Zur Erreichung des Lernerfolgs sind **85 % Anwesenheit** in der Veranstaltung notwendig. Dies gilt auch für den Fall, dass das Fernbleiben aus nicht zu vertretenden Gründen erfolgt.

<b>Bewertungsmethode</b>	Die Prüfungsleistung ist eine <b>mündliche oder schriftliche Prüfung</b> .
<b>Notenbildung</b>	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung in der jeweiligen Wahlpflichtveranstaltung:  <b>Qualitätssicherung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>schriftliche Prüfung</b> (Protokolle über die Themen der Vorlesung; 1 Seite pro Vorlesung)</li> </ul> <b>Bioethik und Biophilosophie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Vortrag mit Handout und Diskussion</b></li> </ul> <b>Biologische Chemie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Mündliche Prüfung</b></li> </ul> <b>Summer School</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Vortrag mit Handout und Diskussion</b> (auf englisch)</li> </ul>
<b>Grundlage für</b>	Anfertigung der Masterarbeit



## Modul: Biokatalyse

<b>Veranstaltungsort</b>	Hochschule Biberach
<b>Code</b>	BIB20-BIK: PO5 97000 (PO4 97000)
<b>ECTS-Punkte</b>	9
<b>Präsenzzeit</b>	8 SWS
<b>Unterrichtssprache</b>	Deutsch
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Turnus</b>	Jedes Wintersemester
<b>Modulkoordinator</b>	Prof. Dr. Schips
<b>Dozent(en)</b>	Prof. Dr. Schips
<b>Einordnung in die Studiengänge</b>	Industrielle Biotechnologie MSc, Beginn SoSe, 2. Fachsemester, Pflichtmodul Industrielle Biotechnologie MSc, Beginn WiSe, 1. Fachsemester, Pflichtmodul
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<p>Formal: Vergleiche die dem entsprechenden Studiengang zugehörige fachspezifische Prüfungsordnung, in der zum Zeitpunkt des Studienbeginns gültigen bzw. gewählten Fassung.</p> <p>Inhaltlich: Vertiefte Kenntnisse in Organische Chemie, Biochemie, Molekularbiologie, Mikrobiologie und Technische Mikrobiologie: VL Analytische Chemie (BA), VL Organische Chemie I (BA), VL Mikrobiologie (BA), VL Technische Mikrobiologie (BA), VL Biochemie (BA), VL Organische Chemie II und Naturstoffe (BA), VL Molekularbiologie (BA).</p>
<b>Lernziele</b>	<p>Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen Funktion und Prinzipien von Enzymen und ganzen Zellen als Biokatalysatoren für organische Reaktionen in der technischen Anwendung.</li> <li>• kennen die Vor- und Nachteile der Immobilisierung von industrierelevanten Enzymklassen (Hydrolasen, Oxidoreduktasen, Transferasen, Isomerasen) in aktuellen bioorganischen Syntheseprozessen.</li> <li>• können asymmetrische Synthesen mit Naturstoffen in unterschiedlichen Reaktionsmedien durchführen.</li> <li>• beherrschen die Voraussetzungen für asymmetrische Synthesen mit Naturstoffen, kinetische Racematspaltungen und Desymmetrisierungsreaktionen.</li> <li>• kennen die Bedeutung chiraler Syntons in der Pharma- und Agroindustrie.</li> <li>• sind in der Lage praktische Techniken der Immobilisierung von Enzymen und ganzen Zellen als Biokatalysatoren für chemische Reaktionen anzuwenden und mit wässrigen sowie organischen Medien zu arbeiten.</li> </ul>

- können mit wissenschaftlicher Literatur (Übersichts- und Primärartikel) umgehen.
- beherrschen schriftliche und mündliche Präsentationstechniken.

---

**Inhalt**

In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt:

**Biokatalyse (V)**

- Aufbau und Funktion von Biokatalysatoren.
- Katalysemechanismen der relevanten Enzymklassen (Hydrolasen, Oxidoreduktasen, Transferasen, Lyasen, Ligasen, Isomerasen).
- Theorie zur praktischen Anwendung von Lipasen, Esterasen, Nitrilhydratasen, Dehalogenasen und Chloperoxidasen.
- Stereochemie organischer Verbindungen (Kazlauskas-Regel, Prelog-Regel).
- Industrielle Verfahren zur Katalyse mit immobilisiertem Enzym und Ganz-Zell-Biotransformation (Chipros, HFC-Sirup, Betablocker Propranolol).

**Biokatalyse (Ü)**

- Arbeiten mit Esterasen, Lipasen, Isomerasen, Oxidoreduktasen und Cofaktor-Regenerierung zur stereoselektiven Synthese (Racematspaltung, meso-Trick).
- Immobilisierungsmethoden für ganzen Zellen und Enzyme.
- Reaktionen an Naturstoffen ohne Schutzgruppen.
- Reaktionsverfolgung über pH-Wert und DC.
- Produktcharakterisierung, Qualitätsanalyse und Reinheitsbestimmung mittels ee-Werten, chiraler GC-Trennung, Polarimetrie und ATR-IR.

---

**Literatur**

- Bioorganikum – Praktikum der Biokatalyse, Günter E. Jeromin, M. Bertau; Wiley VCH Verlag (2005);
- Biotransformations in Organic Chemistry, Kurt Faber, Springer-Verlag (2011);
- Bioorganikum, Günter E. Jeromin, WILEY-VCH Verlag (2006);
- Ausgewählte Artikel zu relevanten Themen der Enzyme und Proteine in der Industrie,
- Einführung in die Technische Chemie, Arno Behr, Spektrum Akademischer Verlag (2010), ISBN: 978-3-8274-2073-2;
- Industrielle Mikrobiologie, Garabed Antranikian, Springer Spektrum Verlag (2012), ISBN: 978-3-8274-3039-7;
- Biorefineries –Industrial Processes and Products, Birgit Kamm, WILEY-VCH (2010), ISBN: 978-3-527-32953-3;
- Catalysis for Renewables, Gabriele Centi, WILEY-VCH Verlag (2007), ISBN: 978-3-527-31788-2

---

**Lehr- und Lernformen**

- Biokatalyse (V), 2 SWS, 3 LP
- Biokatalyse (Ü), 6 SWS, 6 LP

---

**Arbeitsaufwand**

Präsenzzeit: 90 h  
Selbststudium: 180 h  
Summe: 270 h

---

- 
- |                            |   |
|----------------------------|---|
| <b>Prüfungsvorleistung</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Zur Erreichung des Lernerfolgs sind <b>85 % Anwesenheit</b> in der praktischen Übung notwendig. Erfolgt die Abwesenheit von mehr als 15 % aus nicht vom Studierenden vertretbaren Gründen, können Fehlertermine in einer vergleichbaren Veranstaltung in Absprache mit dem Studiendekanat nachgeholt werden.</li><li>• <b>Schriftliche Ausarbeitung</b> der praktischen Übung</li></ul> |
|----------------------------|---|
- 

<b>Bewertungsmethode</b>	Die Prüfungsleistung ist eine <b>schriftliche Modulprüfung (90 Minuten)</b> über das gesamte Modul.
--------------------------	---

---

<b>Notenbildung</b>	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.
---------------------	---

---

<b>Grundlage für</b>	Anfertigung der Masterarbeit
----------------------	------------------------------

---

## Modul: Biotechnologische Prozesse

<b>Veranstaltungsort</b>	Hochschule Biberach
<b>Code</b>	MIB09-PIN: PO5 98000 (PO4 97800)
<b>ECTS-Punkte</b>	9
<b>Präsenzzeit</b>	6 SWS
<b>Unterrichtssprache</b>	Deutsch
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Turnus</b>	Jedes Winter- und Sommersemester
<b>Modulkoordinator</b>	Prof. Dr. Ebert
<b>Dozent(en)</b>	Prof. Dr. Ebert, Herr Grob, Prof. Dr. Schips
<b>Einordnung in die Studiengänge</b>	Industrielle Biotechnologie MSc, Beginn SoSe, 3. Fachsemester, Pflichtmodul Industrielle Biotechnologie MSc, Beginn WiSe, 2. und 3. Fachsemester, Pflichtmodul
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Formal: Vergleiche die dem entsprechenden Studiengang zugehörige fachspezifische Prüfungsordnung, in der zum Zeitpunkt des Studienbeginns gültigen bzw. gewählten Fassung. Inhaltlich: Vertiefte Kenntnisse in Mathematik, Bioverfahrenstechnik, Mikrobiologie, Biochemie und Molekularbiologie: VL Mathematik und Biostatistik I+II (BA), VL Apparate- und Anlagenbau (BA), VL Elektro- Mess- Steuer- und Regelungstechnik (BA), VL Bioprozesstechnik (BA), VL Technische Mikrobiologie (BA), VL Biochemie (BA), VL Molekularbiologie (BA), VL Produktisolierung (BA).
<b>Lernziele</b>	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, <ul style="list-style-type: none"> <li>• nutzen chemische Strukturinformation zur Auswahl von Materialien in biotechnologischen Prozessen</li> <li>• kennen kritische Einflussgrößen beim Einsatz von Materialien im Bereich des USP, des DSP und der instrumentellen Analytik</li> <li>• nutzen vertiefte Kenntnisse verfahrenstechnischer Grundoperationen zur Prozessauslegung</li> <li>• haben die Kompetenz komplexe biotechnologische Prozesse mathematisch zu erfassen und zu analysieren</li> <li>• können kritische Einflussfaktoren in Prozessen identifizieren</li> <li>• erlernen die Implementierung aktueller Prozesstechniken durch anwendungsorientierte Beispiele der Prozessoptimierung</li> </ul>
<b>Inhalt</b>	In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt:

### **Materialien in biotechnologischen Prozessen (V)**

- Einsatz und Wechselwirkung von Metallen (Stahl, Halbleiter), Keramiken (nichtmetallisch anorganisch) und Polymeren (Kunststoffe, Naturstoffe) in biotechnologischen Prozessen.
- Stainless Steel für Bioreaktoren und Polymere in der Single-Use-Technik.
- Träger und Trennmaterialien in der instrumentellen Analytik.
- Einsatz von Materialien in der Medizintechnik.
- Wechselwirkung von Zellen mit Materialien
- Immunantwort auf Fremdkörper (Foreign Body Reaktion) und Biokompatibilität
- Biomaterialien, Implantatmaterialien und Ihre Anwendung

### **Optimierung in biotechnologischen Prozessen (V)**

- Prozessüberblick Ermittlung der wichtigsten Prozessspezifikationen (CTQs) am Beispiel biotechnologischer Prozesse
- Prozessdarstellungen und Identifikation von Einflussgrößen bei biotechnologischen Prozessen, Grafische Darstellung von Prozessdaten: Urwertkarte, Medianzyklen-Diagramm, Histogramme, Streudiagramme, Box-Plot, Multi-Vari-Chart, signifikante und zufällige Unterschiede, Fehlersammelkarten
- Prüfsysteme: Geeignete Messsysteme und Eignungsnachweis von Prüfprozessen (Bias, Wiederholpräzision, Vergleichspräzision, Linearität und Stabilität), systematische Messabweichung bei Analysen in der Biotechnologie
- Prozessanalyse: Regressionsanalyse und statistische Versuchsplanung
- Prozessverbesserung und Risikoanalyse (FMEA)
- Qualitätsabsicherung

### **Angewandte biotechnologische Prozesse (V)**

- Biopharmazeutika – Überblick: Orientierung, medizinischer Fortschritt durch Biopharmazeutika, Marktüberblick, regulatorische Anforderungen
- Der biopharmazeutische Prozess – Einführung: Vom Gen zum Produkt anhand eines Prozesses mit eukaryotischen Zellen
- Zelle und Molekül: Arten von Proteinen als Biopharmazeutikum und deren Charakteristika, Expressionssysteme mit Schwerpunkt auf eukaryotische Zellen, Entwicklung der Produktionszelle (Transfektion, Klonselktion, Optimierung der Expression, Stabilitätsuntersuchungen, Zellbankerstellung)
- Upstream Processing: Grundlagen der unterschiedlichen Kultivationsmodi, Design und Prinzip von Bioreaktoren, Anzuchtverfahren, Medienentwicklung, Optimierung des Zellkulturverfahrens, Prozessintensivierung, Stainless Steel vs. Disposables, Scale-up von Zellkulturverfahren
- Downstream Processing: Grundlagen der verschiedenen Trennverfahren und Techniken (Chromatographie, Dead-end Filtration, Tangentialflussfiltration, Online-Mixing, Präzipitationen), Stainless Steel vs. Disposables, Virussicherheit, Prozessintensivierung
- Prozessauslegung: Prozesskalkulationen, Modellierung von Prozessen, Ökonomische Betrachtungen

- GMP Grundlagen: rechtliche Vorschriften und Guidelines, Umsetzung bei Industrieprozesse

<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materialwissenschaften; Donald Askeland; Springer Spektrum Verlag.</li> <li>• Medizintechnik: Life Science Engineering 5. Aufl. 2009 Auflage; Erich Wintermantel, Suk-Woo Ha, Springer Verlag.</li> <li>• Fachspezifische Literatur</li> </ul>
<b>Lehr- und Lernformen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materialien in biotechnologischen Prozessen (V), 2 SWS, 3 LP</li> <li>• Optimierung in biotechnologischen Prozessen (V), 2 SWS, 3 LP</li> <li>• Angewandte biotechnologische Prozesse (V), 2 SWS, 3 LP</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p>Präsenzzeit: 90 h Selbststudium: 180 h Summe: 270 h</p>
<b>Prüfungsvorleistung</b>	keine
<b>Bewertungsmethode</b>	Die Prüfungsleistung ist eine <b>schriftliche Prüfung (90 Minuten)</b> über das gesamte Modul.
<b>Notenbildung</b>	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.
<b>Grundlage für</b>	Anfertigung der Masterarbeit

## Modul: Enzyme Engineering

<b>Veranstaltungsort</b>	Universität Ulm
<b>Code</b>	MIB06-ENG: PO5 97500
<b>ECTS-Punkte</b>	6
<b>Präsenzzeit</b>	6 SWS
<b>Unterrichtssprache</b>	Deutsch, Englisch
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Turnus</b>	Jedes Sommersemester
<b>Modulkoordinator</b>	Prof. Dr. Dierk Niessing, Dr. Frank Rosenau
<b>Dozent(en)</b>	Prof. Dr. Dierk Niessing, Dr. Frank Rosenau, N.N.
<b>Einordnung in die Studiengänge</b>	Industrielle Biotechnologie MSc, Beginn SoSe, 1. und 2. Fachsemester, Pflichtmodul Industrielle Biotechnologie MSc, Beginn WiSe, 2. und 3. Fachsemester, Pflichtmodul
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Formal: Vergleiche die dem entsprechenden Studiengang zugehörige fachspezifische Prüfungsordnung in der zum Zeitpunkt des Studienbeginns gültigen bzw. gewählten Fassung. Inhaltlich: Vertiefte Kenntnisse in Proteinbiochemie und Molekularbiologie.
<b>Lernziele</b>	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, <ul style="list-style-type: none"> <li>• haben die Entwicklung der gerichteten Evolution über die letzten 20 Jahre kennengelernt und können die Methodik für individuelle Anwendungen in allen Aspekten beleuchten</li> <li>• haben die Fähigkeit erlangt, Methoden der gerichteten Evolution und der Herstellung und Durchmusterung von Variantenbibliotheken projektorientiert auszuwählen, anzupassen und auf Funktionalität zu überprüfen</li> <li>• haben die Fähigkeit erworben, Publikationen in den genannten Feldern auf ihren Inhalt, Glaubwürdigkeit und Qualität zu überprüfen, kritisch zu vergleichen und zu beurteilen</li> <li>• haben die Fähigkeit, komplexe Versuchsabläufe eines typischen Optimierungsverfahrens selbständig zu planen und experimentell umzusetzen</li> <li>• haben wichtige Schlüsselqualifikationen wie Kommunikations- und Teamfähigkeit erworben</li> </ul>
<b>Inhalt</b>	In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt:

### Enzymoptimierung und gerichtete Evolution von Enzymen (V)

- Historie der gerichteten Evolution
- Methodische Konzepte zur Herstellung von Mutanten- (Varianten-) bibliotheken
- Vorteile und Nachteile von (Hochdurchsatz-) Screening vs. Selektion
- Surface-, Phagen-, Ribosomen-, Puromycin-Display zur Durchmusterung
- Konzepte für „fokussierte“ Bibliotheken („CASTINGS“)
- Auswirkungen von Mutationen auf Proteinstrukturen („gewünschte“ Effekte vs. „schlechte“ Effekte)

### Advanced Course Enzyme Engineering (Ü)

- Biotenside und deren mikrobielle Herstellung
- Rekombinante Produktion von Sekundärmetaboliten
- Expressionsoptimierung von Biosynthese-Genclustern
- Gerichtete Evolution mittels PCR
- Durchmusterung von Bibliotheken mittels Nachweisagarplatten
- Produkt-Analyse mittels Extraktion in Zweiphasensystemen, Dünnschichtchromatographie und Photometrie

### Strukturanalyse von Biomolekülen (Ü)

- Grundlagen von Proteinfaltung
- Methoden zur Lösung von Proteinstrukturen
- Selbstständige Analyse dreidimensionaler Strukturen von Biomolekülen
- Nutzung von Datenbanken und Online-Tools zur Strukturvorhersage und -analyse
- Analyse von Mutationen auf Proteinfaltungen
- Strukturbasierte Optimierung von Wirkstoffen
- Praktische Proteinkristallisation

---

#### Literatur

- Packer MS, Liu DR: Methods for the directed evolution of proteins. Nat Rev Genet. 16: 379-94 (2015), doi: 10.1038/nrg3927. Review und Zitate (Originalliteratur) hieraus

---

#### Lehr- und Lernformen

- Enzymoptimierung und gerichtete Evolution von Enzymen (V), 1 SWS, 1 LP
- Advanced Course Enzyme Engineering (Ü), 3 SWS, 3 LP
- Strukturanalyse von Biomolekülen (Ü), 2 SWS, 2 LP

---

#### Arbeitsaufwand

Präsenzzeit: 84 h  
Selbststudium: 96 h  
Summe: 180 h

---

#### Prüfungsvorleistung

- Zur Erreichung des Lernerfolgs sind **85 % Anwesenheit** in der praktischen Übung notwendig. Erfolgt die Abwesenheit von mehr als 15 % aus nicht vom Studierenden vertretbaren Gründen, können Fehltermine in einer vergleichbaren Veranstaltung der an der Übung beteiligten Institute in Absprache mit dem Studiendekanat nachgeholt werden.



- **Schriftliche Ausarbeitungen** zu den praktischen Übungen

---

<b>Bewertungsmethode</b>	Die Prüfungsleistung ist eine <b>mündliche Prüfung (20 Minuten)</b> über das gesamte Modul.
<b>Notenbildung</b>	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.
<b>Grundlage für</b>	Anfertigung der Masterarbeit

---

## Modul: Enzymtechnologie

<b>Veranstaltungsort</b>	Hochschule Biberach
<b>Code</b>	BIB18-EKI: PO5 97200 (PO4 97201)
<b>ECTS-Punkte</b>	8
<b>Präsenzzeit</b>	6 SWS
<b>Unterrichtssprache</b>	Deutsch
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Turnus</b>	Jedes Wintersemester
<b>Modulkoordinator</b>	Prof. Dr. Ebert
<b>Dozent(en)</b>	Prof. Dr. Ebert
<b>Einordnung in die Studiengänge</b>	Industrielle Biotechnologie MSc, Beginn SoSe, 2. Fachsemester, Pflichtmodul Industrielle Biotechnologie MSc, Beginn WiSe, 1. Fachsemester, Pflichtmodul
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Formal: Vergleiche die dem entsprechenden Studiengang zugehörige fachspezifische Prüfungsordnung, in der zum Zeitpunkt des Studienbeginns gültigen bzw. gewählten Fassung. Inhaltlich: Vertiefte Kenntnisse in Organische Chemie, Biochemie, Molekularbiologie, Mikrobiologie: VL Organische Chemie (BA), VL Mikrobiologie (BA), VL Biochemie (BA) und VL Molekularbiologie (BA).
<b>Lernziele</b>	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die Entwicklung, Charakterisierung und den Einsatz technischer Enzyme</li> <li>• kennen Grundlagen der Enzymkinetik und der Regulation durch Effektoren und Produktionsparameter</li> <li>• kennen aktuelle Themen der Biotechnologie</li> <li>• können mit wissenschaftlicher Literatur (Übersichts- und Primärartikel) umgehen</li> <li>• beherrschen schriftliche und mündliche Präsentationstechniken</li> <li>• haben einen erweiterten Einblick in die industrielle Biotechnologie durch Exkursionen zu Firmen</li> <li>• kennen industrielle Verfahren in der Biotechnologie</li> </ul>
<b>Inhalt</b>	In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt: <p><b>Enzymkinetik (V)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der chemischen Kinetik.</li> </ul>

- Enzym-Substrat-Komplex und Michaelis Menten Gleichung.
- Enzym-Assays
- Reversible/irreversible Inhibitoren und reversible Aktivatoren
- Konkurrierende Substrate und Effektoren
- Mehrsubstrat-Kinetiken
- Effekt von Temperatur und pH-Wert auf die Kinetik
- Regulation von Enzymaktivitäten im Stoffwechsel

#### Neue Techniken in Bioprozessen (S)

- Ausgewählte Themen zu neuen Techniken in Bioprozessen
- Thematisch passende Primärartikel sollen recherchiert werden
- Diese Literatur wird zu einer mündlichen und schriftlichen Präsentation zusammengefasst, ausgearbeitet und erklärt
- Zur Präsentation wird ein Hand-out erstellt

#### Projektexkursion (Exk.)

- Tieferer Einblick in aktuelle biotechnologische Verfahren
- Exkursionen zu verschiedenen Unternehmen der Industriellen Biotechnologie
- Arbeitsgebiete der zu besuchenden Firmen

---

#### Literatur

- Buchholz, Klaus, Kasche, Volker, Bornscheuer, Uwe Theo, Biocatalysts and Enzyme Technology, Wiley-VCH-Verlag GmbH, ISBN: 978-3-5273-29892
- Aehle, W. Enzymes in Industry, Production and Application, Wiley-VCH-Verlag GmbH, ISBN: 978-3-5273-16892
- Athel Cornish-Bowden "Fundamentals of Enzyme Kinetics" Wiley-Blackwell
- Ausgewählte Artikel zu relevanten Themen der industriellen biotechnologischen Verfahren
- Molekulare Biotechnologie, Konzepte, Methoden und Anwendungen, 2. Aktualisierte Auflage, Hrsg.: M. Wink; Wiley-VCH-Verlag GmbH
- Industrial Biotechnology – Sustainable Growth and Economic Success Ed.; W. Soetaert & E. J. Vandamme, Wiley-VCH, 2010
- Enzymes in Industry Production and Applications, Ed.; W.Aehle, Wiley-VCH, 2004
- Infomaterial der Firma und Online-Information zum Unternehmen

---

#### Lehr- und Lernformen

- Enzymkinetik (V), 2 SWS, 3 LP
- Neue Techniken in Bioprozessen (S), 2 SWS, 3 LP
- Projektexkursionen (Exk.), 2 SWS, 2 LP

---

#### Arbeitsaufwand

Präsenzzeit: 90 h  
Selbststudium: 150 h  
Summe: 240 h

---

#### Prüfungsvorleistung

keine

---

---

<b>Bewertungsmethode</b>	Die Prüfungsleistung ist eine <b>schriftliche Prüfung (60 Minuten)</b> über das gesamte Modul.
<b>Notenbildung</b>	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.
<b>Grundlage für</b>	Anfertigung der Masterarbeit

---

## Modul: Masterarbeit

<b>Veranstaltungsort</b>	Hochschule Biberach, Universität Ulm
<b>Code</b>	PO5 98301 (PO4 98101)
<b>ECTS-Punkte</b>	30
<b>Präsenzzeit</b>	30 SWS
<b>Unterrichtssprache</b>	Englisch, Deutsch
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Turnus</b>	Jedes Semester
<b>Modulkoordinator</b>	Studiendekan(in) der Hochschule Biberach / Universität Ulm
<b>Dozent(en)</b>	Betreuender Hochschullehrer der Hochschule Biberach / Universität Ulm
<b>Einordnung in die Studiengänge</b>	Industrielle Biotechnologie MSc, Beginn SoSe, 1. und 2. Fachsemester, Pflichtmodul Industrielle Biotechnologie MSc, Beginn WiSe, 2. und 3. Fachsemester, Pflichtmodul
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Formal: Vergleiche die dem entsprechenden Studiengang zugehörige fachspezifische Prüfungsordnung in der zum Zeitpunkt des Studienbeginns gültigen bzw. gewählten Fassung. Inhaltlich: Entsprechende Module des Studiengangs MSc Industrielle Biotechnologie
<b>Lernziele</b>	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, <ul style="list-style-type: none"> <li>• können eine Fragestellung aus dem Gebiet der Industriellen Biotechnologie auf der Grundlage bekannter Verfahren unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten selbständig strukturieren, planen, durchführen und nach geltenden „Regeln der guten wissenschaftlichen Praxis“ dokumentieren, schriftlich zusammenfassen und einem Fachforum präsentieren</li> <li>• sind in der Lage, ein selbst durchgeführtes Projekt im Zusammenhang darzustellen, die gewählte Vorgehensweise zu begründen und in fachlicher Diskussion zu verteidigen</li> <li>• planen Anschluss- und Zusatzuntersuchungen aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse</li> <li>• beachten bei der Aufgabenlösung die Arbeits-, Sicherheits- und Umweltschutzregeln</li> <li>• beherrschen die aktuellen Methoden der Literaturrecherche, der Datenverwaltung und –prozessierung</li> </ul>

- sind teamfähig, interkulturell handlungsfähig und verfügen über ein adäquates Zeitmanagement

<b>Inhalt</b>	<p>In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktuelle Methoden der Literaturrecherche, der Datenerfassung, –verwaltung und –prozessierung</li> <li>• Versuchsplanung, Versuchsaufbau, Dokumentation</li> <li>• Ergebnisinterpretation und Einordnung vor dem Hintergrund aktueller Literatur</li> <li>• Ergebnisdiskussion im erweiterten fachlichen Rahmen</li> <li>• Umsetzung der Ergebnisse in die Gestaltung neuer Versuchsabsätze</li> <li>• Methodenkritik</li> <li>• Regeln des wissenschaftlichen Publizierens</li> <li>• Sicherheitsbestimmungen, Naturschutz-, Tierschutzbestimmungen, Arzneimittelrecht, Gentechnikrecht Patentrecht, Gefahrstoffverordnungen</li> <li>• Zeitmanagement</li> <li>• Teamarbeit</li> <li>• Selbstorganisation</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fachspezifische Literatur</li> <li>• Aktuelle Forschungsliteratur</li> </ul>
<b>Lehr- und Lernformen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masterarbeit (P), 28 SWS, 28 LP</li> <li>• Hochschulöffentliches Kolloquium zur Masterarbeit, 2 SWS, 2 LP</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p>Präsenzzeit: 450 h          Selbststudium: 450 h          Summe: 900 h</p>
<b>Prüfungsvorleistung</b>	keine
<b>Bewertungsmethode</b>	Bewertung der Masterarbeit und des Kolloquiums durch zwei Prüfer, davon muss einer zum Zeitpunkt der Anmeldung an der Universität Ulm oder der Hochschule Biberach tätig und vom Prüfungsausschuss bestellt worden sein.
<b>Notenbildung</b>	Die Note der Masterarbeit und des Kolloquiums ergibt sich jeweils aus den beiden Bewertungen der Prüfer. Die Gesamtnote des Moduls ergibt sich aus den nach Leistungspunkten gewichteten Ergebnissen der Teilprüfungen.
<b>Grundlage für</b>	Abschluss Masterstudium

## Modul: Metabolic Engineering

<b>Veranstaltungsort</b>	Universität Ulm
<b>Code</b>	MIB05-BRG: PO5 97400
<b>ECTS-Punkte</b>	9
<b>Präsenzzeit</b>	8 SWS
<b>Unterrichtssprache</b>	Deutsch, Englisch
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Turnus</b>	Jedes Sommersemester
<b>Modulkoordinator</b>	Prof. Dr. Bernhard Eikmanns
<b>Dozent(en)</b>	Prof. Dr. Peter Dürre, Prof. Dr. Bernhard Eikmanns, Dr. Gerd Seibold, N.N.
<b>Einordnung in die Studiengänge</b>	Industrielle Biotechnologie MSc, Beginn SoSe, 1. und 2. Fachsemester, Pflichtmodul Industrielle Biotechnologie MSc, Beginn WiSe, 2. und 3. Fachsemester, Pflichtmodul
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Formal: Vergleiche die dem entsprechenden Studiengang zugehörige fachspezifische Prüfungsordnung in der zum Zeitpunkt des Studienbeginns gültigen bzw. gewählten Fassung. Inhaltlich: Vertiefte Kenntnisse zum Stoffwechsel von Mikroorganismen: V Mikrobiologie II „Mikrobieller Stoffwechsel“ (B.Sc. Biologie/Biochemie), V Mikrobiologie III „Angewandte Mikrobiologie“ (B.Sc. Biologie/Biochemie), Modul Mikrobiologie (B.Sc. Industrielle Biotechnologie). Kenntnisse zu den theoretischen Grundlagen und Methoden der Molekularbiologie: Modul „Molekularbiologie“ (B.Sc. Industrielle Biotechnologie) bzw. V „Molekularbiologie“ (B.Sc. Biologie/Biochemie)
<b>Lernziele</b>	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, <ul style="list-style-type: none"> <li>• besitzen vertiefte Kenntnisse von Schwerpunktthemen aus der Mikrobiologie und der Molekularen Mikrobiologie (Regulationsmechanismen in Bakterien)</li> <li>• besitzen vertiefte Kenntnisse im „Metabolic Engineering“ von Mikroorganismen</li> <li>• haben Fertigkeiten und Kompetenzen erworben zum eigenständigen Arbeiten im Bereich der Mikrobiologie im Hinblick auf die Durchführung von speziellen Methoden und auf die Masterarbeit</li> <li>• sind in der Lage, unter Anleitung (und auch teilweise eigenständig) Themen mit aktuellem Forschungsbezug individuell im Labor zu bearbeiten</li> </ul>

- haben wichtige Schlüsselqualifikationen wie Kommunikations- und Teamfähigkeit erworben

---

## Inhalt

In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt:

### Bacterial Regulation (V)

- Struktur und Funktion von RNA: ribosomale RNA, Transfer- RNA, messenger RNA, kleine, nicht-codierende RNA, katalytische Aktivität von RNA, RNA-Editing, Transkriptionsregulation in Prokaryoten (Stufen der Regulation, Bestandteile eines Promotors, RNA-Polymerase, Phasen der Transkriptionsinitiation (Elongation, Pausieren, Termination), Translation (Initiation, Elongation, Termination, Biosynthese von Selenoproteinen), Retroviren, RNA-Viren, Induktion (positive und negative Kontrolle), Repression (positive und negative Kontrolle), cAMP-abhängige und cAMP-unabhängige Katabolitenrepression, Katabolitenrepression in Gram-positiven Bakterien, Endprodukthemmung, Attenuation, Autogene Kontrolle, 2-Komponentensysteme, FNR-abhängige Regulation, Sigmafaktor-abhängige Regulation, T-Box-abhängige Regulation, antisense-RNA- abhängige Regulation, Retro-Regulation, Enhancer-Elemente, DNA-Schleifen-abhängige Regulation, DNA-Topologie-abhängige Regulation, DNA-methylierungsabhängige Regulation, mRNA-Stabilitäts- abhängige Regulation, Riboschalter, Quorum-Sensing, Regulation durch seltene tRNAs, stringente Kontrolle, Signalmoleküle, Regulation des Phagen Lambda

### Advanced Course Metabolic Engineering (Ü)

- Untersuchung der Kontrolle des lac-Operons in *Escherichia coli*: Wachstum und Induktion des lac-Operons, enzymatischer und serologischer Nachweis der  $\beta$ -Galaktosidase; Anwendung von Reportergenkonstrukten zur Analyse der Kontrolle des brnFE-Operons durch interne Metabolite (Kultivierung, Bestimmung der Fluoreszenz von Reporterproteinen, Stammanalyse).
- Modulation von Stoffwechselwegen durch CRISPR-interference am Beispiel der Arginin-/Citrullin-Produktion mit *Corynebacterium glutamicum*: Konstruktion und Transformation von Plasmiden für CRISPR-interference-Versuche, Nachweis der Bildung von dCas9, Nachweis der Aktivität des Zielgens (spezif. Aktivität), Einfluss auf Substratumsatz und Produktbildung.

---

## Literatur

- Madigan MT, Matinko JM: Brock Biology of Microorganisms, 13. Auflage. Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, USA 2012 oder 14. Auflage, USA 2015.
- Wagner R: Transcription Regulation in Procaryotes. Oxford University Press, Oxford, New York, USA 2000.
- Antranikian G: Angewandte Mikrobiologie. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 2006.
- Sahm H, Antranikian G, Stahmann P, Takors R: Industrielle Mikrobiologie, 1. Auflage. Springer Spektrum Verlag Heidelberg, 2013
- Fuchs G, Schlegel HG: Allgemeine Mikrobiologie 9. Aufl., Thieme Verlag Stuttgart 2014



---

<b>Lehr- und Lernformen</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bacterial Regulation (V), 3 SWS, 4 LP</li><li>• Advanced Course Metabolic Engineering (Ü), 5 SWS, 5 LP</li></ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	Präsenzzeit: 112 h Selbststudium: 128 h Summe: 240 h
<b>Prüfungsvorleistung</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Zur Erreichung des Lernerfolgs sind <b>85 % Anwesenheit</b> in der praktischen Übung notwendig. Erfolgt die Abwesenheit von mehr als 15 % aus nicht vom Studierenden vertretbaren Gründen, können Fehltermine in einer vergleichbaren Veranstaltung oder in einem Forschungslabor der an der Übung beteiligten Institute in Absprache mit dem Studiendekanat nachgeholt werden.</li><li>• <b>Schriftliche Ausarbeitung</b> der praktischen Übung</li></ul>
<b>Bewertungsmethode</b>	Die Prüfungsleistung ist eine <b>mündliche Prüfung (30 Minuten)</b> über das gesamte Modul.
<b>Notenbildung</b>	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.
<b>Grundlage für</b>	Anfertigung der Masterarbeit

---

## Modul: Modellbildung und Simulation

<b>Veranstaltungsort</b>	Hochschule Biberach
<b>Code</b>	MIB10-MÜB: PO5 98000 (PO4 97800)
<b>ECTS-Punkte</b>	5
<b>Präsenzzeit</b>	4 SWS
<b>Unterrichtssprache</b>	Deutsch
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Turnus</b>	Jedes Winter- und Sommersemester
<b>Modulkoordinator</b>	Prof. Dr. Hädicke
<b>Dozent(en)</b>	Prof. Dr. Hädicke
<b>Einordnung in die Studiengänge</b>	Industrielle Biotechnologie MSc, Beginn SoSe, 3. Fachsemester, Pflichtmodul Industrielle Biotechnologie MSc, Beginn WiSe, 2. und 3. Fachsemester, Pflichtmodul
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Formal: Vergleiche die dem entsprechenden Studiengang zugehörige fachspezifische Prüfungsordnung, in der zum Zeitpunkt des Studienbeginns gültigen bzw. gewählten Fassung. Inhaltlich: Vertiefte Kenntnisse in Mathematik, Mikrobiologie, Verfahrenstechnik, Biochemie und Molekularbiologie sowie Grundkenntnisse der Datenverarbeitung: VL Mathematik und Biostatistik I+II (BA), VL Technische Mikrobiologie (BA), VL Thermische Verfahrenstechnik (BA), VL Reaktionstechnik (BA), VL Bioprozesstechnik (BA), VL Biochemie (BA), VL Molekularbiologie (BA) und Informationsbeschaffung /-management.
<b>Lernziele</b>	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die wesentlichen Schritte zur mathematischen Modellierung biotechnologischer Prozesse beschreiben</li> <li>• können rechnergestützte Verfahren zur Lösung von Differentialgleichungen anwenden</li> <li>• kennen gängige Konzepte zur modellgestützten Analyse von biotechnologischen Problemstellungen</li> <li>• können Methoden zur Beurteilung der Qualität der Modellanpassung erläutern und anwenden</li> <li>• können Parametern aus experimentellen Daten bestimmen</li> </ul>
<b>Inhalt</b>	In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt:

### Modellierung in der Verfahrens- und Bioprozesstechnik (V)

- Grundsätze der mathematischen Modellierung biotechnologischer Prozesse
- Allgemeines Modell für einen einfachen Bioreaktor (Zellwachstum, Produktbildung, Substratverbrauch, Umgebungseffekte), Batch Kulturen, Fed-Batch Kulturen, Kontinuierliche Kulturen, etc.
- Massenbilanzen, Bilanzgleichungen, Bildungsraten, Eintrags- und Austragsterme
- Differentialgleichungen und Integrationsverfahren, Rand- und Anfangsbedingungen Stationäre und dynamische Modelle
- Regressionsmodelle ((multiple) lineare, nichtlineare)
- Residuenanalyse, Parameterunsicherheiten und Modellauswahl

### Modellierung Übungen (Ü)

- Die theoretischen Ansätze werden in einer begleitenden Rechnerübung vertieft und angewendet.
- Mit Hilfe der Programmierumgebung Matlab lernen die Studierenden konkrete Aufgabenstellungen in Einzel- oder Kleingruppenarbeit umzusetzen und in Form von Skripten zu dokumentieren

<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klipp E, Liebermeister W, Wierling C, Kowald A: Systems Biology – A Textbook, 2. Auflage. Wiley 2016</li> <li>• Kremling A: Kompendium Systembiologie, 1. Auflage. Vieweg &amp; Teubner 2012</li> <li>• Eckstein S: Informationsmanagement in der Systembiologie, 1. Auflage. Springer 2011</li> <li>• Marangoni AG: Enzyme Kinetics – A modern Approach, John Wiley &amp; Sons 2003</li> </ul>
<b>Lehr- und Lernformen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellierung in der Verfahrens- und Bioprozesstechnik (V), 2 SWS, 3 LP</li> <li>• Modellierung Übungen (Ü), 2 SWS, 2 LP</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p>Präsenzzeit: 60 h Selbststudium: 90 h Summe: 150 h</p>
<b>Prüfungsvorleistung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zur Erreichung des Lernerfolgs sind <b>85 % Anwesenheit</b> in der praktischen Übung notwendig. Erfolgt die Abwesenheit von mehr als 15 % aus nicht vom Studierenden vertretbaren Gründen, können Fehltermine in einer vergleichbaren Veranstaltung in Absprache mit dem Studiendekanat nachgeholt werden</li> <li>• <b>Schriftliche Ausarbeitung</b> der praktischen Übung</li> </ul>
<b>Bewertungsmethode</b>	Die Prüfungsleistung ist eine <b>schriftliche Prüfung (60 Minuten)</b> über das gesamte Modul.
<b>Notenbildung</b>	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.
<b>Grundlage für</b>	Anfertigung der Masterarbeit

## Modul: Phototrophenbiotechnologie

<b>Veranstaltungsort</b>	Hochschule Biberach
<b>Code</b>	MIB08-PHV: PO5 97901
<b>ECTS-Punkte</b>	7
<b>Präsenzzeit</b>	6 SWS
<b>Unterrichtssprache</b>	Deutsch
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Turnus</b>	Jedes Wintersemester
<b>Modulkoordinator</b>	Prof. Dr. techn. Frühwirth
<b>Dozent(en)</b>	Prof. Dr. techn. Frühwirth, Prof. Dr. Grammel, Prof. Dr. Waller (HTW Saar)
<b>Einordnung in die Studiengänge</b>	Industrielle Biotechnologie MSc, Beginn SoSe, 3. Fachsemester, Wahlpflichtmodul Industrielle Biotechnologie MSc, Beginn WiSe, 2. und 3. Fachsemester, Wahlpflichtmodul
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Formal: Vergleiche die dem entsprechenden Studiengang zugehörige fachspezifische Prüfungsordnung, in der zum Zeitpunkt des Studienbeginns gültigen bzw. gewählten Fassung. Inhaltlich: Vertiefte Kenntnisse in Mikrobiologie, Biochemie und Molekularbiologie sowie Kenntnisse in mikrobiologischen und biochemischen Arbeitstechniken: VL Mikrobiologie (BA), VL Analytische und Organische Chemie (BA), VL Biochemie (BA), VL Molekularbiologie (BA), VL Technische Mikrobiologie (BA), P Mikrobiologisches Praktikum (BA), P Praktikum Biochemie (BA) und P Praktikum Molekularbiologie (BA), Strömungslehre (BA), Thermische Verfahrenstechnik (Ma) Reaktionstechnik (Ma).
<b>Lernziele</b>	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die physiologischen Grundlagen und wichtige Anwendungsbeispiele für Algen und phototrophe Bakterien</li> <li>• kennen die Grundtypen von Photobioreaktoren als Anwendungsbeispiele der Reaktortechnik mit deren wichtigsten Auslegungskriterien</li> <li>• kennen die aktuellen Beispiele offener und geschlossener Produktionsanlagen</li> <li>• können Algenproduktionsprozesse als Gesamtprozesse energetisch, ökologisch und wirtschaftlich bewerten</li> <li>• beherrschen den Umgang mit Kultivierungssystemen für phototrophe Organismen</li> </ul>

- beherrschen steuerungs- und regelungstechnische Grundlagen und können diese in einer Anlagenautomatisierung anwenden
- besitzen die Fähigkeit, in Kleingruppen komplexe biotechnologische Fragestellungen experimentell zu untersuchen und die gewonnenen Erkenntnisse in ein Anlagen-Scale up einfließen zu lassen

---

**Inhalt**

In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt:

**Phototrophenbiotechnologie (V)**

- Physiologische und ökologische Grundlage.
- Modellorganismen für die Entwicklung biotechnologischer Prozesse.
- Kultivierungsverfahren, Photobioreaktoren, Prozessführung.
- Anwendungsbeispiele von photosynthetischen Bakterien und Mikroalgen für Produktionsprozesse der industriellen und pharmazeutischen Biotechnologie sowie in der Umweltbiotechnologie.
- Phototrophen-Kultivierung mittels offener und geschlossener Anlagen.
- Algenreaktoren in Form von Rührkesseln, Blasensäulen, Airlift-Reaktoren, Plattenreaktoren: Strömungstechnik, Einfluss auf die Stoffübertragung.
- Technische Konzepte zum Lichteintrag in Photobioreaktoren.
- Automatisierung von Kultivierungsanlagen.
- Aufarbeitung von Algenbiomasse.
- Verwertungspfade von Algenbiomasse.

**Phototrophenbiotechnologie (Ü)**

- Kultivierung von phototrophen Pro- und Eukaryoten im Labormaßstab.
- Praktische Handhabung von Photobioreaktoren.
- Isolierung von Metaboliten aus Algenbiomasse.
- Experimentelle Untersuchung der Produktion von Metaboliten aus Algenbiomasse und Gewinnung prozessrelevanter Auslegungsdaten
- Integration von Expressionskonstrukten photosyntheserelevanter Gene in phototrophe Purpurbakterien.

---

**Literatur**

- Heldt H., Piechulla B.; Pflanzenbiochemie; Spektrum Akademischer Verlag; Heidelberg 2008.
- Pate R., Klise G., Wu B.; Resource demand implications for US algae biofuels production scale-up; Applied Energy (2011) 88:3377-3388.
- Raso S., van Genugten B., Vormue M. Wijffels R.H.; Effect of oxygen concentration on the growth of Nannochloropsis sp. At low light intensity.; J Appl Phycol (2012) 24:863-871.
- Hu Q., Kurano N., Kawachi M., Iwasaki I., Miyachi S.; Ultrahigh-cell-density culture of a marine green alga Chlorococcum littorale in a flat-plate photobioreactor; Appl Microbiol Biotechnol (1998) 49:655-662.
- Degen J., Uebele A., Retze A., Schmid-Staiger U., Trösch W.; A novel airlift photobioreactor with baffles for improved light utilization through the flashing light effect.; J Biotech (2001) 92:89-94.

- Gerardo M.L., Van Den Hende S., Vervaeren H., Coward T., Skill S.C.; Harvesting of microalgae within a biorefinery approach: A review of the developments and case studies from pilot-plants.; Algal Research (2015) 11:248-262.
- Ramos-Suárez J.L., Carreras N.; Use of microalgae residues for biogas production.; Chem Eng J (2014) 242:86-95.

<b>Lehr- und Lernformen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Phototrophenbiotechnologie (V), 2 SWS, 3 LP</li> <li>• Phototrophenbiotechnologie (Ü), 4SWS, 4 LP</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p>Präsenzzeit: 90 h Selbststudium: 120 h Summe: 210 h</p>
<b>Prüfungsvorleistung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zur Erreichung des Lernerfolgs sind <b>85 % Anwesenheit</b> in der praktischen Übung notwendig. Erfolgt die Abwesenheit von mehr als 15 % aus nicht vom Studierenden vertretbaren Gründen, können Fehltermine in einer vergleichbaren Veranstaltung in Absprache mit dem Studiendekanat nachgeholt werden</li> <li>• <b>Schriftliche Ausarbeitung</b> der praktischen Übung</li> </ul>
<b>Bewertungsmethode</b>	Die Prüfungsleistung ist eine <b>schriftliche Prüfung (60 Minuten)</b> über das gesamte Modul.
<b>Notenbildung</b>	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.
<b>Grundlage für</b>	Anfertigung der Masterarbeit

## Modul: System-Biotechnologie

<b>Veranstaltungsort</b>	Hochschule Biberach
<b>Code</b>	MIB12-SBV: PO5 97802
<b>ECTS-Punkte</b>	7
<b>Präsenzzeit</b>	6 SWS
<b>Unterrichtssprache</b>	Deutsch
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Turnus</b>	Jedes Winter- und Sommersemester
<b>Modulkoordinator</b>	Prof. Dr. Hädicke
<b>Dozent(en)</b>	Prof. Dr. Hädicke
<b>Einordnung in die Studiengänge</b>	Industrielle Biotechnologie MSc, Beginn SoSe, 3. Fachsemester, Wahlpflichtmodul Industrielle Biotechnologie MSc, Beginn WiSe, 2. und 3. Fachsemester, Wahlpflichtmodul
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Formal: Vergleiche die dem entsprechenden Studiengang zugehörige fachspezifische Prüfungsordnung, in der zum Zeitpunkt des Studienbeginns gültigen bzw. gewählten Fassung. Inhaltlich: Vertiefte Kenntnisse in Mathematik, Mikrobiologie, Biochemie und Molekularbiologie: VL Mathematik und Biostatistik I+II (BA), VL Mikrobiologie (BA), VL Biochemie (BA), VL Molekularbiologie (BA), Grundkenntnisse der Datenverarbeitung.
<b>Lernziele</b>	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, <ul style="list-style-type: none"> <li>• können wesentliche Größen in Zellen quantifizieren und ordnen</li> <li>• kennen Methoden zur Rekonstruktion und Analyse von Stoffwechselnetzwerken und können diese auf experimentelle Daten anwenden</li> <li>• können strukturelle und dynamische Eigenschaften biologischer Netzwerke anhand metabolischer Flussanalyse und Flussbilanzanalyse analysieren</li> <li>• können theoretische Methoden des Metabolic Engineering erläutern und Modifikationen hinsichtlich einer biotechnologischen Anwendung berechnen</li> <li>• kennen Modellansätze und Softwarelösungen zur Bearbeitung typischer Fragestellungen aus der Systembiologie</li> </ul>
<b>Inhalt</b>	In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt:

### Systembiotechnologie (V)

- Mathematische quantitative Zellbiologie
- Mathematische Modelle in der Systembiologie
- Modellierung des Stoffwechsels von Mikroorganismen (Stoffflussanalysen, Elementarmoden, Flussbilanzanalysen, <sup>13</sup>C-Stoffflussanalysen, etc.)
- *In silico* Metabolic Engineering, Identifizierung von genetischen Interventionsstrategien
- Dynamische Modellierung biochemischer Netzwerke
- Metabolische Modellierung zur Simulation von Bioreaktoren

### Bioinformatik (Ü)

- Die in der Vorlesung behandelten theoretischen Ansätze werden in einer begleitenden Rechnerübung vertieft und angewendet.
- Es werden verschiedene Programme und Tools vorgestellt: Programmierumgebung Matlab mit speziellen Toolboxen, COPASI, dFBAlab, <sup>13</sup>CFLUX.
- Umgang mit Fachspezifische Literatur

<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klipp E, Liebermeister W, Wierling C, Kowald A: Systems Biology – A Textbook, 2. Auflage. Wiley 2016</li> <li>• Kremling A: Kompendium Systembiologie, 1. Auflage. Vieweg &amp; Teubner 2012</li> <li>• Fachspezifische Literatur</li> </ul>
<b>Lehr- und Lernformen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systembiologie (V), 2 SWS, 3 LP</li> <li>• Bioinformatik Übung (Ü), 4SWS, 4 LP</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p>Präsenzzeit: 90 h Selbststudium: 120 h Summe: 210 h</p>
<b>Prüfungsvorleistung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zur Erreichung des Lernerfolgs sind <b>85 % Anwesenheit</b> in der praktischen Übung notwendig. Erfolgt die Abwesenheit von mehr als 15 % aus nicht vom Studierenden vertretbaren Gründen, können Fehltermine in einer vergleichbaren Veranstaltung in Absprache mit dem Studiendekanat nachgeholt werden</li> <li>• <b>Schriftliche Ausarbeitung</b> der praktischen Übung</li> </ul>
<b>Bewertungsmethode</b>	Die Prüfungsleistung ist eine <b>schriftliche Prüfung (60 Minuten)</b> über das gesamte Modul.
<b>Notenbildung</b>	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.
<b>Grundlage für</b>	Anfertigung der Masterarbeit



## Modul: Technische Mikrobiologie

<b>Veranstaltungsort</b>	Hochschule Biberach
<b>Code</b>	BIB12-PMI: PO5 97300 (PO4 97300)
<b>ECTS-Punkte</b>	7
<b>Präsenzzeit</b>	6 SWS
<b>Unterrichtssprache</b>	Deutsch
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Turnus</b>	Jedes Wintersemester
<b>Modulkoordinator</b>	Prof. Dr. Grammel
<b>Dozent(en)</b>	Prof. Dr. Grammel
<b>Einordnung in die Studiengänge</b>	Industrielle Biotechnologie MSc, Beginn SoSe, 2. Fachsemester, Pflichtmodul Industrielle Biotechnologie MSc, Beginn WiSe, 1. Fachsemester, Pflichtmodul
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Formal: Vergleiche die dem entsprechenden Studiengang zugehörige fachspezifische Prüfungsordnung, in der zum Zeitpunkt des Studienbeginns gültigen bzw. gewählten Fassung. Inhaltlich: Vertiefte Kenntnisse in Mikrobiologie, Biochemie und Molekularbiologie sowie Kenntnisse in mikrobiologischen und biochemischen Arbeitstechniken: VL Mikrobiologie (BA), VL Biochemie (BA), VL Molekularbiologie (BA), P Mikrobiologisches Praktikum (BA), P Praktikum Biochemie (BA) und P Praktikum Molekularbiologie (BA).
<b>Lernziele</b>	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen technische und biologische Grundlagen von Produktionsverfahren der Weißen Biotechnologie zur Umwandlung erneuerbarer Rohstoffe in chemische Produkte und Energie</li> <li>• können biotechnologische Potentiale verschiedener Mikroorganismen bewerten</li> <li>• kennen Anwendungsbeispiele etablierter Prozesse der Industriellen Biotechnologie sowie innovative Verfahren mit neuartigen Produktionsorganismen</li> <li>• erwerben notwendige Qualifikation zur selbständigen Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von Fermentationsexperimenten</li> <li>• beherrschen den praktischen Umgang mit Messtechnik und Prozessregelung durch Prozessleisystem am Reaktor</li> <li>• sind in der Lage Probenahmetechniken und biochemische Analyse-Verfahren im laufenden Prozess durchzuführen</li> </ul>

- können Fermentationsergebnisse anhand der Stoffwechseleigenschaften eingesetzter Produktionsstämme interpretieren

## Inhalt

In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt:

### Technische Mikrobiologie (V)

- Aufbau und Funktion verschiedener Bioreaktortypen.
- Messtechnik am Bioreaktor.
- Bioverfahrenstechnik-Grundlagen.
- Biotechnologische Umwandlung von nachwachsenden Rohstoffen in chemische Produkte und Energieträger durch Mikroorganismen.
- Produktionsorganismen und Expressionssysteme.
- Anwendungspotentiale von Bakterien.
- Stoffwechsel von Produktionsorganismen.
- Optimierung biotechnologischer Prozesse.

### Technische Mikrobiologie (Ü)

- Aufbau und Bedienung von Bioreaktoren
- Aerobe Fermentation zur Produktion von Proteinen
- Anaerobe Fermentation zur Produktion von Biokraftstoffen
- Technik zur Prozessregelung und Bewertung durch Online-Monitoring
- Analytik von Substraten und Fermentationsprodukten aus Fermenterproben
- Auswertung und Bilanzierung von Fermentationsprozessen

## Literatur

- Antranikian, Garabed (Hrsg.), Angewandte Mikrobiologie, Springer Verlag
- Sahm, H., Antranikian, G., Stahmann, K.-P., Takors, R. (Hrsg.), Industrielle Biotechnologie, Springer Spektrum
- Bereitgestellte Praktikumsskripte und Fermentationsmanuals

## Lehr- und Lernformen

- Technische Mikrobiologie (V), 2 SWS, 3 LP
- Technische Mikrobiologie (Ü), 4 SWS, 4 LP

## Arbeitsaufwand

Präsenzzeit: 90 h  
Selbststudium: 120 h  
Summe: 210 h

## Prüfungsvorleistung

- Zur Erreichung des Lernerfolgs sind **85 % Anwesenheit** in der praktischen Übung notwendig. Erfolgt die Abwesenheit von mehr als 15 % aus nicht vom Studierenden vertretbaren Gründen, können Fehltermine in einer vergleichbaren Veranstaltung in Absprache mit dem Studiendekanat nachgeholt werden.
- **Schriftliche Ausarbeitung** der praktischen Übung

## Bewertungsmethode

Die Prüfungsleistung ist eine **schriftliche Prüfung (60 Minuten)** über das gesamte Modul.

## Notenbildung

Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.

---

**Grundlage für**

Anfertigung der Masterarbeit

---

## Modul: Verfahrenstechnik

<b>Veranstaltungsort</b>	Hochschule Biberach
<b>Code</b>	BIB13-TVI: PO5 97100 (PO4 97100)
<b>ECTS-Punkte</b>	6
<b>Präsenzzeit</b>	4 SWS
<b>Unterrichtssprache</b>	Deutsch
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Turnus</b>	Jedes Wintersemester
<b>Modulkoordinator</b>	Prof. Dr. techn. Frühwirth
<b>Dozent(en)</b>	Prof. Dr. techn. Frühwirth
<b>Einordnung in die Studiengänge</b>	Industrielle Biotechnologie MSc, Beginn SoSe, 2. Fachsemester, Pflichtmodul Industrielle Biotechnologie MSc, Beginn WiSe, 1. Fachsemester, Pflichtmodul
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Formal: Vergleiche die dem entsprechenden Studiengang zugehörige fachspezifische Prüfungsordnung, in der zum Zeitpunkt des Studienbeginns gültigen bzw. gewählten Fassung. Inhaltlich: Vertiefte Kenntnisse in Physikalischer Chemie, Thermodynamik, Strömungslehre, Stoff- und Wärmeübertragung, Allgemeine und Anorganische Chemie: VL Physikalische Chemie (BA), VL Thermodynamik (BA), VL Transportphänomene (BA), VL Allgemeine Chemie (BA), VL Organische Chemie I (BA) und VL Organische Chemie II und Naturstoffe (BA).
<b>Lernziele</b>	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, <ul style="list-style-type: none"> <li>• beherrschen Berechnungsverfahren und Auslegungsmethoden für die Trennoperationen Absorption, Destillation, Extraktion und Trocknung</li> <li>• sind in der Lage diese Anwendungen und apparativen Ausführungen zu bewerten</li> <li>• können selbständig Ausgabenstellungen der Reaktionskinetik bearbeiten</li> <li>• sind in der Lage Bilanzräume zu erstellen und die kinetischen Daten solcher reaktiver und nichtreaktiver Systeme zu interpretieren</li> </ul>
<b>Inhalt</b>	In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt: <p><b>Thermische Verfahrenstechnik (V)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rektifikation binärer Gemische (kontinuierlich und diskontinuierlich): Trennstufenkonzepte, Stufenkonstruktion am McCabeThiele-Diagramm,</li> </ul>

Grenzbedingungen thermischer Zustände, apparative Ausführung  
Bodenkolonne / Füllkörperkolonne.

- Absorption (kontinuierlich und diskontinuierlich):  
Trennstufenkonzepte, Sorptionsmechanismen Physisorption und  
Chemisorption, Lösungsmittelauswahl, Absorption / Desorption, graphische  
Darstellung – Stufenkonstruktion, Auswahl von Apparaten nach  
Phasenkontakt und Absorptionsmechanismus.
- Prinzip flüssig/flüssig-Extraktion: Auswahl von Lösungsmitteln,  
Methoden der einstufigen Extraktion (Kreuzstrom / Gegenstrom), Ternäre  
Systeme – Mischungslücken, Darstellung von Extraktionsprozessen  
(Kreuzstrom / Gegenstrom),  
Prinzip fest/flüssig-Extraktion: Prinzip Hochdruckextraktion, Abscheidung von  
Extrakt in HD-Extraktion
- Trocknung: Trocknungsarten, Eigenschaften feuchter Luft, Zustandsgrößen,  
Darstellung von Zustandsänderungen im Mollier Diagramm,  
Trocknerauslegung

#### Reaktionstechnik (V)

- Reaktionskinetik: Reaktionsgeschwindigkeit, Reaktionsordnung,  
Geschwindigkeitsgesetze - Integralmethode
- Prozesse: Erstellung von Blockfließbildern verfahrenstechnischer Prozesse,  
Erfassung geeigneter Bilanzgrenzen
- Bilanzierung stationärer Systeme mit und ohne chemische Reaktion,  
Bilanzierung zusammengesetzter Systeme – mehrere UOPs, Recycle-Ströme,  
Bypass-Ströme, Erstellung von Massenbilanztabellen

<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Thermische Verfahrenstechnik: Grundlagen und Methoden, Mersmann, Kind, Stichlmair, Springer, 2005</li> <li>• Chemische Verfahrenstechnik: Berechnung, Auslegung und Betrieb chemischer Reaktoren, Hertwig, Martens, Oldenbourg, 2007</li> <li>• Verfahrenstechnik, Hemming, Wagner, Vogel, 2011</li> </ul>
<b>Lehr- und Lernformen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Thermische Verfahrenstechnik (V), 2 SWS, 3 LP</li> <li>• Reaktionstechnik (V), 2 SWS, 3 LP</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p>Präsenzzeit: 60h Selbststudium: 120h Summe: 180h</p>
<b>Prüfungsvorleistung</b>	keine
<b>Bewertungsmethode</b>	Die Prüfungsleistung ist eine <b>schriftliche Prüfung (60 Minuten)</b> über das gesamte Modul.
<b>Notenbildung</b>	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.

---

**Grundlage für**

Anfertigung der Masterarbeit

---

## Modul: Wissenschaftliche Projektarbeit I

<b>Veranstaltungsort</b>	Universität Ulm
<b>Code</b>	MIB07-WP1: PO5 97800
<b>ECTS-Punkte</b>	9
<b>Präsenzzeit</b>	9 SWS
<b>Unterrichtssprache</b>	Deutsch, Englisch
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Turnus</b>	Jedes Sommersemester
<b>Modulkoordinator</b>	Prof. Dr. Bernhard Eikmanns, Prof. Dr. Peter Dürre, Prof. Dr. Dierk Niessing, Dr. Frank Rosenau
<b>Dozent(en)</b>	Prof. Dr. Bernhard Eikmanns, Prof. Dr. Dierk Niessing, Dr. Frank Rosenau, Dr. Gerd Seibold, Dr. Frank Bengelsdorf, N.N.
<b>Einordnung in die Studiengänge</b>	Industrielle Biotechnologie MSc, Beginn SoSe, 1. und 2. Fachsemester, Pflichtmodul Industrielle Biotechnologie MSc, Beginn WiSe, 2. und 3. Fachsemester, Pflichtmodul
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Formal: Vergleiche die dem entsprechenden Studiengang zugehörige fachspezifische Prüfungsordnung, in der zum Zeitpunkt des Studienbeginns gültigen bzw. gewählten Fassung. Inhaltlich: Vertiefte theoretische und praktische Kenntnisse von mikrobiologischen und molekularbiologischen Arbeitsweisen: Ü Advanced Course Metabolic Engineering (M.Sc. Industrielle Biotechnologie), Ü Advanced Course Enzyme Engineering (M.Sc. Industrielle Biotechnologie) und Ü Strukturanalyse von Biomolekülen (M.Sc. Industrielle Biotechnologie).
<b>Lernziele</b>	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, <ul style="list-style-type: none"> <li>• sind befähigt zur weitgehend selbstständigen Bearbeitung wissenschaftlicher Fragestellungen im Themenbereich molekulare und angewandte Mikrobiologie oder im Themenbereich strukturgestützte und quantitative Biochemie (erfolgreiche Durchführung eines Laborprojektes, einschließlich Versuchsplanung und Problemanalyse, unter Anwendung des zuvor in den Ü Advanced Course Metabolic Engineering, Advanced Course Enzyme Engineering und Strukturanalyse von Biomolekülen erlernten Methodenspektrums)</li> <li>• haben ihre Kompetenzen bezüglich der Literaturrecherche und des Verständnisses englischsprachiger Originalarbeiten erweitert</li> </ul>

- haben ihre Kompetenzen der wissenschaftlichen Dokumentation, der englischsprachigen Ergebnispräsentation und Diskussion vertieft und ausgebaut
- haben wichtige Schlüsselqualifikationen wie Kommunikations- und Teamfähigkeit erworben
- haben Fähigkeiten im Bereich des Projektmanagements erworben
- haben die Fähigkeit erworben, komplexe Projekte zu planen und durchzuführen und dabei auch die Auswirkungen ihres Handelns gesellschaftlich und umwelttechnisch abzuschätzen
- haben Fertigkeiten und Kompetenzen erworben zum eigenständigen Arbeiten im Bereich angewandte Mikrobiologie im Hinblick auf die Durchführung der Masterarbeit

## Inhalt

In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt:

- Das Modul beinhaltet die Durchführung einer Projektarbeit in einer Kleingruppe von max. 4 Studenten. Die Projektarbeit umfasst Erarbeitung der theoretischen Grundlagen durch Literaturrecherche, Planung, Durchführung, Auswertung und Dokumentation von Experimenten, regelmäßige Präsentation der Daten und Diskussion der Vorgehensweise innerhalb der Gruppe und mit dem Betreuer der Arbeit, und abschließende Präsentation der Arbeit in Form eines Seminars

Es werden Einzelprojekte zu aktuellen Forschungsthemen im Bereich „**Metabolic Engineering**“ oder „**Enzyme Engineering**“ durchgeführt. Dabei können bei Eignung eigene Projektideen der Studierenden umgesetzt werden oder aber Fragestellungen aus beispielsweise den Bereichen:

### WPA I: Metabolic Engineering (Ü)

- Isolierung, Identifizierung und Charakterisierung von Stämmen zur Produktion von Lösungsmitteln, Alkoholen, Antibiotika und org. Säuren
- Analyse und Optimierung der Substrataufnahme zur Verbesserung der Produktion von Aminosäuren in *Corynebacterium glutamicum*
- Charakterisierung verschiedener anaerober acetogener Bakterien bezüglich ihres Substrat- und Produktspektrums
- Entwicklung von Methoden/Konstruktion von Plasmiden/Optimierung von genetisch codierten Sensoren zur Analyse intrazellulärer Metabolitkonzentrationen z.B. NADPH, ATP, Pyruvat, Succinat, Glucose, oder Trehalose in *Escherichia coli*, *Corynebacterium glutamicum* oder *Clostridium sp.*
- Konstruktion und Anwendung von Plasmiden zum „Metabolic Engineering“ von Mikroorganismen
- Konstruktion und Test von molekularen Schaltern zur Anwendung in biotechnologisch interessanten Mikroorganismen.

oder



### WPA I: Enzyme Engineering (Ü)

- Design und Klonierung von Plasmiden zur rekombinanten Expression von Proteinen
- Aufreinigung von Proteinen mittels Affinitätschromatographie
- Optimierung von Proteinexpression und Aufreinigung mittels Codon-Optimierung, Wahl des Affinitäts-Tags und der Kürzung von Protein-N- und C-termini
- Gerichtete und ungerichtete Mutagenese von Proteinen
- Verwendung von Strukturinformationen zur Optimierung von Enzymen
- Isolierung von Bindemolekülen aus Bibliotheken von Aptameren und Peptiden
- Biotechnologie von Probiotika
- Biomaterialien in Medizin und Biotechnologie
- Zellkulturtechnik

### Literatur

- Georg Fuchs, Allgemeine Mikrobiologie, 2014, Thieme Verlag
- Hermann Sahm, Garabed Antranikian, Klaus-Peter Stahmann, Ralf Takors, Industrielle Mikrobiologie, 2013, Springer Spektrum
- Cornel Mülhardt, Der Experimentator: Molekularbiologie / Genomics, 2013, Springer Spektrum
- Monika Jansohn und Sophie Rothhämel, Gentechnische Methoden, 2012, Springer Spektrum
- Friedrich Lottspeich und Joachim W. Engels, Bioanalytik, 2012, Springer Spektrum

### Lehr- und Lernformen

Wissenschaftliche Projektarbeit I (Ü), 9 SWS, 9 LP

### Arbeitsaufwand

Präsenzzeit: 126 h  
Selbststudium: 144 h  
Summe: 270 h

### Prüfungsvorleistung

- Zur Erreichung des Lernerfolgs sind **85 % Anwesenheit** in der praktischen Übung notwendig. Erfolgt die Abwesenheit von mehr als 15 % aus nicht vom Studierenden vertretbaren Gründen, können Fehltermine in einer vergleichbaren Veranstaltung der an der Übung beteiligten Institute in Absprache mit dem Studiendekanat nachgeholt werden.
- **Schriftliche Ausarbeitung** der praktischen Übung (umfassende Dokumentation der Planung der Experimente und der Ergebnisse durch kommentiertes Laborbuch)

### Bewertungsmethode

Die Prüfungsleistung ist eine **mündliche Prüfung (20 Minuten)** in Form einer mündlichen Präsentation und anschließender wissenschaftlicher Diskussion über die Grundlagen (wissenschaftliche Fragestellung und Methoden) und Inhalte der Projektarbeit.

### Notenbildung

Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.

### Grundlage für

Anfertigung der Masterarbeit

## Modul: Wissenschaftliche Projektarbeit II

<b>Veranstaltungsort</b>	Hochschule Biberach
<b>Code</b>	MIB11-WP2: PO5 98200 (PO4 98000)
<b>ECTS-Punkte</b>	9
<b>Präsenzzeit</b>	9 SWS
<b>Unterrichtssprache</b>	Deutsch
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Turnus</b>	Jedes Wintersemester
<b>Modulkoordinator</b>	Prof. Dr. Ebert
<b>Dozent(en)</b>	Prof. Dr. Ebert, Prof. Dr. Frühwirth, Prof. Dr. Grammel, Prof. Dr. Schips, Kooperationspartner
<b>Einordnung in die Studiengänge</b>	Industrielle Biotechnologie MSc, Beginn SoSe, 3. Fachsemester, Pflichtmodul Industrielle Biotechnologie MSc, Beginn WiSe, 2. und 3. Fachsemester, Pflichtmodul
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Formal: Vergleiche die dem entsprechenden Studiengang zugehörige fachspezifische Prüfungsordnung, in der zum Zeitpunkt des Studienbeginns gültigen bzw. gewählten Fassung. Inhaltlich: Vertiefte Kenntnisse in analytischer und organischer Chemie, Biochemie, Biokatalyse, Enzymtechnologie, Molekularbiologie, Mikrobiologie, Technische Mikrobiologie, Biotechnologische Anlagen, Bioprozesstechnik und Produktisolierung: VL Organische Chemie I+II (BA), VL Analytische Chemie (BA), VL Mikrobiologie (BA), VL Biochemie (BA), VL Molekularbiologie (BA), VL Technische Mikrobiologie (BA), VL Biokatalyse (BA), VL Elektro-, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (BA), VL Bioprozesstechnik (BA) und VL Produktisolierung (BA).
<b>Lernziele</b>	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, <ul style="list-style-type: none"> <li>• sind befähigt zur selbständigen Bearbeitung wissenschaftlicher Projekte (erfolgreiche Durchführung eines Laborprojektes, einschließlich Versuchsplanung, unter Anwendung eines breiten Methodenspektrums der modernen Molekularbiologie, Proteinbiochemie, USP, DSP)</li> <li>• sind befähigt zur GLP-gerechten Dokumentation sowie zur englischsprachigen wissenschaftlichen Ergebnispräsentation</li> <li>• kennen die theoretischen Grundlagen zur erfolgreichen Bearbeitung der individuellen Laborprojekte dieses Moduls</li> <li>• haben wichtige Schlüsselqualifikationen wie Kommunikations- und Teamfähigkeit erworben</li> </ul>

- haben Fähigkeiten im Bereich des Projektmanagements erworben
- haben die Fähigkeit erworben, komplexe Projekte zu planen und durchzuführen und dabei auch die Auswirkungen ihres Handelns gesellschaftlich und umwelttechnisch abzuschätzen

---

## Inhalt

In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt:

- Experimentelle Laborarbeit (projektspezifisch) in Kleingruppen von bis zu 4 Studierenden. Die Projektarbeit umfasst die Erarbeitung der theoretischen Grundlagen durch Literaturrecherche, die Planung, Durchführung, Auswertung und Dokumentation wissenschaftlicher Experimente.
- Die Logistik und das Zeitmanagement im Labor sollen dabei durch die Studierenden weitestgehend eigenverantwortlich erfolgen.

Von den Studierenden werden Einzelprojekte zu aktuellen Forschungsthemen in den Bereichen „**Process and Metabolic engineering**“, „**Biocatalysis**“ oder „**Pharmaceutical Biotechnology**“ durchgeführt. Dabei können bei Eignung auch eigene Projektideen der Studierenden umgesetzt werden.

### **WPA II: Process and Metabolic engineering**

- USP-Entwicklung: Generierung von und Arbeiten mit transgenen Produktionsstämmen, transiente und stabile Expression von Biokatalysatoren, rekombinante Produktion von Proteinen und Feinchemikalien, Fermentation von Pro- und Eukaryoten im Batch-, Fed-Batch- und Perfusionsprozessen, Scale up bis 30L
- DSP-Entwicklung: UF/DF, Tiefenfiltration, FPLC, Kopplungstechniken, Scale up, Ent-/Rückfaltung von Proteinen
- Allgemeine Methoden

**oder**

### **WPA II: Biocatalysis**

- Organische Synthese mithilfe enzymatische Katalysen, Proteincharakterisierung mithilfe physikalischer Methoden zur *in situ*- und *ex-vivo*-Quantifizierung enzymatischer Kinetik, Ganzzellkatalyse, chemische Mobilisierung und Immobilisierung katalytisch aktiver Komponenten, themenspezifischer Methoden aus dem Bereich DSP
- Allgemeine Methoden

**oder**

### **WPA II: Pharmaceutical Biotechnology**

- Histologische Methoden, Gewebecharakterisierung und themenspezifische Methoden aus dem Bereichen USP, DSP
- Allgemeine Methoden

**Allgemeine Methoden:**

- Hybridisierungstechniken, qRT-PCR, Prozessanalytik (Bioprofile/KoneLab), ATR-FTIR, ELISA, HPLC, GC, Immunoblotting, In silico Design von DNA-/Proteinkonstrukten, Arbeiten mit Genom-, Proteom-, Proteinstruktur-, Signaltransduktions-Datenbanken, miRBase, VectorNTI und DNASTar; PCR-Klonierungen chemische und physikalische Transfektion von Plasmiden in Pro- und Eukaryoten, CRISPR-Cas-Methode
- Labordokumentation nach GLP und PC-basiert
- Modellgestützte mathematische Auswertung von Prozessdaten

<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktuelle Forschungsliteratur</li> <li>• Fachspezifische Literatur</li> </ul>
<b>Lehr- und Lernformen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wissenschaftliche Projektarbeit II (Ü), 9 SWS, 9 LP</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	Präsenzzeit: 135 h Selbststudium: 135 h Summe: 270 h
<b>Prüfungsvorleistung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zur Erreichung des Lernerfolgs sind <b>85 % Anwesenheit</b> in der praktischen Übung notwendig. Erfolgt die Abwesenheit von mehr als 15 % aus nicht vom Studierenden vertretbaren Gründen, können Fehltermine in einer vergleichbaren Veranstaltung in Absprache mit dem Studiendekanat nachgeholt werden.</li> <li>• <b>Schriftliche Ausarbeitung</b> der praktischen Übung</li> </ul>
<b>Bewertungsmethode</b>	Die Prüfungsleistung ist eine <b>mündliche Prüfung (20 Minuten)</b> in Form einer mündlichen Präsentation und anschließender wissenschaftlicher Diskussion über die Grundlagen (wissenschaftliche Fragestellung und Methoden) und Inhalte der Projektarbeit.
<b>Notenbildung</b>	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.
<b>Grundlage für</b>	Anfertigung der Masterarbeit