



OTTO VON GUERICKE  
UNIVERSITÄT  
MAGDEBURG

VST

FAKULTÄT FÜR VERFAHRENS-  
UND SYSTEMTECHNIK

**Modulhandbuch für den**  
**Studiengang**  
**Biosystemtechnik**

Stand: 01.10.2019



## Inhaltsverzeichnis

1	Konzept unserer verfahrenstechnischen Ausbildung .....	5
1.1.	Verfahrenstechnik als Ingenieurdisziplin.....	5
1.2.	Das Studienkonzept .....	5
2.	Beschreibung der Ziele des Studienganges Biosystemtechnik .....	5
2.1.	Ziele der verfahrenstechnischen Ausbildung .....	5
2.2.	Ziele des Bachelorstudienganges Biosystemtechnik.....	6
2.3.	Ziele des Masterstudienganges Biosystemtechnik .....	7
3.	Bachelorstudiengang Biosystemtechnik, Pflichtmodule .....	8
3.1.	Mathematik 1 für Ingenieure (Stg A) .....	8
3.2.	Mathematik 2 für Ingenieure (Stg A) .....	9
3.3.	Stochastik.....	10
3.4.	Simulationstechnik .....	11
3.5.	Physik.....	13
3.6.	Anorganische Chemie.....	15
3.7.	Organische Chemie .....	17
3.8.	Physikalische Chemie .....	18
3.9.	Biochemie.....	20
3.10.	Grundlagen der Biologie .....	21
3.11.	Mikrobiologie .....	23
3.12.	Zellbiologie .....	25
3.13.	Technische Thermodynamik / Wärmelehre .....	26
3.14.	Bioverfahrenstechnik.....	28
3.15.	Einführung in die Systemtheorie .....	30
3.16.	Immunologie.....	31
3.17.	Regulationsbiologie .....	32
3.18.	Strömungsmechanik .....	33
3.19.	Grundlagen und Prozesse der Verfahrenstechnik .....	35
3.20.	Molekulare Zellbiologie .....	36
3.21.	Prozessdynamik I.....	37
3.22.	Regelungstechnik.....	39
3.23.	Modellierung von Bioprozessen .....	40
3.24.	Engineering Neuroscience .....	42
3.25.	Bioinformatik.....	43
3.26.	Grundlagen der Systembiologie.....	44
3.27.	Molekulare Immunologie .....	45
3.28.	Systemtheorie .....	46
4.	Bachelorstudiengang Biosystemtechnik, Wahlpflichtmodule.....	47
4.1.	Bioinformatische und praktische Grundlagen der Genomik .....	47
4.2.	Biological Neuroscience.....	49
4.3.	Bioseparationen .....	50
4.4.	Distributed Parameter Systems (Systeme mit verteilten Parametern) .....	51
4.5.	Einführung in die medizinische Bildgebung .....	52
4.6.	Environmental Biotechnology.....	54
4.7.	Forschung unter Weltraumbedingungen.....	55
4.8.	Grundlagen der Informatik für Ingenieure .....	56
4.9.	Literaturseminar Bioprocess Engineering.....	57
4.10.	Numerik für Ingenieure.....	58
4.11.	Modeling and Analysis in Systems Biology.....	60
4.12.	Molekulare Medizin .....	61
4.13.	Neuroethology .....	62
4.14.	Prinzipien der Wirkstoffforschung .....	63
4.15.	Prozessdynamik II.....	65
4.16.	Reaktionstechnik.....	66
4.17.	Strukturelle und funktionale Analyse von zellulären Netzwerken .....	69
4.18.	Nichttechnische Fächer.....	71
4.19.	Industriepraktikum, Exkursion, Seminarvortrag .....	72



4.20.	Bachelorarbeit .....	74
5.	Masterstudiengang Biosystemtechnik, Biologisch/medizinische Wahlpflichtmodule .....	75
5.1.	Cell Culture Engineering .....	75
5.2.	Cellular Neurophysiology .....	77
5.3.	Chemie der Signaltransduktion .....	78
5.4.	Experimental Virology .....	79
5.5.	Experimental Virology .....	80
5.6.	Experimentelle Infektionsimmunologie .....	81
5.7.	Experimentelle Medizin .....	82
5.8.	Experimentelle Zellbiologie .....	83
5.9.	Experimentelle Zellbiologie .....	85
5.10.	Genetic Models .....	87
5.11.	Infektionsimmunologie .....	89
5.12.	Methoden der Proteinanalytik .....	90
5.13.	Mikrobielle Biochemie .....	92
5.14.	Molecular and cellular neurophysiologie .....	94
5.15.	Molekularbiologie .....	96
5.16.	Biomodelltechnik mit Petri-Netzen und ihre Anwendung in der Systembiologie .....	97
5.17.	Quantitative Signaltransduktion .....	98
6.	Masterstudiengang Biosystemtechnik, Technische Wahlpflichtmodule .....	100
6.1.	Anlagen- und Apparatebau in der Feststoff-Verfahrenstechnik: Auslegung, Umsetzung und Problemlösung .....	100
6.2.	Adsorption und heterogene Katalyse .....	102
6.3.	Analysis and Design of Experiments .....	104
6.4.	Apparatetechnik .....	105
6.5.	Applications of Discrete Event Systems .....	107
6.6.	Heterocyclen als Basis von Wirkstoffen: Synthesestrategien und Synthesen .....	108
6.7.	Computer Tomographie – Theorie und Anwendung .....	110
6.8.	Environmental Biotechnology .....	112
6.9.	Ereignisdiskrete Systeme .....	113
6.10.	Experimentelle Prozessanalyse / Systemidentifikation .....	114
6.11.	Grundlagen stochastischer Prozesse in biophysikalischen Systemen .....	115
6.12.	Mathematische Modellierung physiologischer Systeme .....	116
6.13.	Micro Process Engineering .....	117
6.14.	Modellierung und Simulation der biologischen Prozesse in Abwasserreinigungs- und Biogasanlagen .....	118
6.15.	Moderne Analysenmethoden / Instrumentelle Analyse .....	120
6.16.	Molecular Modeling / Computational Biology and Chemistry .....	121
6.17.	Molekulares Modellieren .....	123
6.18.	Nichtlineare Dynamik .....	124
6.19.	Nonlinear Systems (Nichtlineare Systeme) .....	126
6.20.	Optimal Control .....	127
6.21.	Physikalische Aspekte von Membranen .....	128
6.22.	Physikalische Chemie II .....	130
6.23.	Plant and apparatus engineering in solid-state process engineering: design, implementation and problem-solving .....	132
6.24.	Process control .....	133
6.25.	Produktgestaltung in der stoffumwandelnden Industrie .....	134
6.26.	Prozessoptimierung .....	136
6.27.	Reaktionstechnik in mehrphasigen Systemen .....	138
6.28.	Rheologie und Rheometrie .....	140
6.29.	Selbstorganisation in der Biophysik .....	142
6.30.	State Estimation .....	144
6.31.	Steuerungstechnik .....	145
6.32.	Strukturelle und funktionale Analyse von zellulären Netzwerken .....	146
6.33.	Systems Theory in Systems Biology .....	148
6.34.	Systemverfahrenstechnik .....	149



6.35.	Technische Kristallisation.....	151
6.36.	Technology and Innovation Management in the Biotech Industry .....	153
6.37.	Theoretische Systembiologie und Biostatistik.....	155
6.38.	Tissue Engineering (I) .....	156
6.39.	Nichttechnische Fächer.....	157
6.40.	Industriepraktikum .....	158
6.41.	Seminarvortrag.....	160
6.42.	Masterarbeit .....	161



# 1 Konzept unserer verfahrenstechnischen Ausbildung

## 1.1. Verfahrenstechnik als Ingenieurdisziplin

Verfahrenstechnik erforscht, entwickelt und verwirklicht

- energetisch effiziente,
- ökologisch verträgliche und damit
- wirtschaftlich erfolgreiche

industrielle Stoffwandlungsverfahren, die mit Hilfe von physikalischen, biologischen oder chemischen Einwirkungen aus Rohstoffen wertvolle Produkte erzeugt. So werden aus Feinchemikalien Arzneimittel, aus Erdöl Funktionswerkstoffe, aus Gestein Baustoffe und Gläser, aus Erzen Metalle, aus Abfall Wertstoffe oder Energie, aus Sand Siliziumchips oder Glas und aus landwirtschaftlichen Rohstoffen Lebensmittel, um nur einige Beispiele zu nennen. Die Verfahrenstechnik ist allgegenwärtig, wenn auch nicht immer ganz explizit und auf den ersten Blick erkennbar – und für Wirtschaft und Gesellschaft unverzichtbar. Vor allem dann unverzichtbar, wenn letztere den Wunsch nach Wohlstand mit der Forderung nach Effizienz, Nachhaltigkeit und einen schonenden Umgang mit Menschen und Umwelt verbindet.

## 1.2. Das Studienkonzept

Der Studiengang „Biosystemtechnik“ ist Bestandteil eines ganzheitlichen Magdeburger Konzepts verfahrenstechnischer Studiengänge. Dieses Studium hier in Magdeburg zeichnet sich durch die komplexe inhaltliche, multiskalige und interdisziplinäre Verknüpfung aller Teilbereiche der Ingenieursausbildung aus. Ausgangspunkt ist dabei die Vermittlung eines soliden Grundlagenwissens und detaillierten Verständnisses der physikalischen, chemischen und biochemischen Grundvorgänge. Darauf aufbauend werden alle ein Verfahren (System) ausmachenden Elemente (Prozesse, Teilprozesse, Mikroprozesse, elementaren Grundvorgänge) und deren Zusammenwirken in einer ganzheitlichen Analyse betrachtet. In die Problemlösung und Synthese werden methodische Konzepte aus der Systemtechnik und Signalverarbeitung einbezogen. Weiterhin wird zunehmend die Wandlung biologischer Systeme untersucht, um von den in der Natur entwickelten effizienten Prozessen des Signalfusses und der Signalverarbeitung lernen zu können.

# 2. Beschreibung der Ziele des Studienganges Biosystemtechnik

## 2.1. Ziele der verfahrenstechnischen Ausbildung

Die Biosystemtechnik befasst sich mit der Erforschung der der biotechnologisch/medizinischen Nutzung biologischer Systeme. Im Studium werden Bio-, Ingenieur- und Systemwissenschaften interdisziplinär miteinander verbunden und vermittelt. Auf der Grundlage moderner Methoden der Molekularbiologie, Genetik und Bioinformatik setzen sich die Studierenden mit biologischen Grundphänomenen wie die Regulation von Stoffwechselwegen detailliert auseinander. Die gewonnenen Erkenntnisse werden dabei in Anwendungsbezüge der Berufspraxis gestellt – so tragen Ergebnisse unter anderem zur besseren Aufklärung von Krankheitsursachen bei oder aber zur Entwicklung und Herstellung neuer Medikamente in der pharmazeutischen Industrie.



Der Studiengang Biosystemtechnik ist ein interdisziplinärer Studiengang der Fakultät für Verfahrens- und Systemtechnik, der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, der Medizinischen Fakultät und der Fakultät für Naturwissenschaften. Er vermittelt Kenntnisse und Fähigkeiten in den Grundlagen- und Anwendungsfächern aus den Bereichen Ingenieurwesen, Medizin und Naturwissenschaften. Diese werden ergänzt durch Vorlesungen weiterer Fächer, insbesondere der Mathematik und Informatik. Die Vertiefung bzw. der Transfer theoretischen Wissens in die Praxis erfolgt durch studienbegleitende Laborpraktika.

### Mögliche Berufs- und Einsatzfelder:

Absolventinnen und Absolventen finden Arbeitsmöglichkeiten in der Grundlagenforschung in den Bereichen Ingenieurwissenschaften, Biologie / Neurowissenschaften und Medizin sowie in der angewandten Forschung bei Industrieunternehmen der Pharmazie, Medizintechnik und Biotechnologie. Auch Tätigkeiten in Fachbehörden sind möglich.

### Voraussetzungen für das Studium

Studieninteressierte sollten solide Schulkenntnisse in den Naturwissenschaften, insbesondere der Mathematik und Biologie sowie ein technisches Grundverständnis mitbringen und Interesse an der Lösung biologischer und technisch-naturwissenschaftlicher Fragestellungen haben.

## 2.2. Ziele des Bachelorstudienganges Biosystemtechnik

Der Studiengang Biosystemtechnik ist modular aufgebaut. In der Regelstudienzeit von 7 Semestern sind 210 Creditpoints zu erwerben.

Im Bachelorstudiengang werden die Grundlagen in den wesentlichen ingenieurwissenschaftlichen, technischen und biologischen Fächern über einen vergleichsweise hohen Anteil an Pflichtveranstaltungen vermittelt. Engagierte Professoren und Dozenten, ein gutes Betreuungsverhältnis, Praktika in modernen Laboren und enge Kontakte zur Industrie bieten dabei optimale Voraussetzungen für ein erfolgreiches Studium.

## Bachelor (7 Semester)

<b>Naturwissenschaftliche Grundlagen</b>	<b>Ingenieur- und Systemwissenschaften</b>	<b>Biowissenschaften</b>	<b>Grundpraktikum</b>
Mathematik Physik Chemie Physikal. Chemie	Thermodynamik Simulationstechnik Bioverfahrenstechnik Regelungstechnik Systemtheorie Modellierung von Bioprozessen	Mikrobiologie Zellbiologie Immunologie Biochemie Computational Neuroscience Regulationsbiologie Systembiologie	<b>Industriepraktikum</b>
			<b>Bachelorarbeit</b>

Die Absolventen erwerben einen ersten berufsqualifizierenden Abschluss und sind befähigt, *etablierte Methoden* aus der Bioprozesstechnik und Systembiologie zur Problemlösung anzuwenden. Der Ingenieurstudiengang liefert den Studenten die notwendigen Grundlagen und Fähigkeiten, um im Masterstudiengang Biosystemtechnik einen zweiten berufs- und



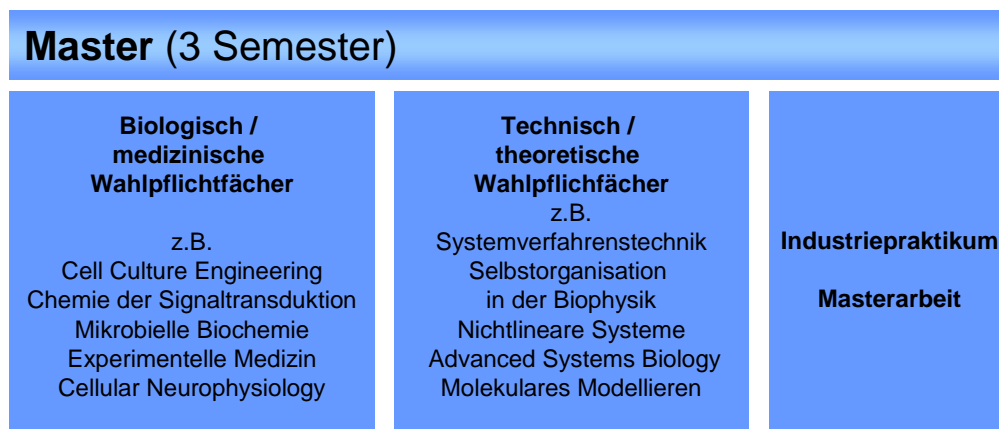
forschungsqualifizierenden Abschluss mit dem akademischen Grad „Master of Science“ zu erlangen.

### 2.3. Ziele des Masterstudienganges Biosystemtechnik

Im Masterstudiengang Biosystemtechnik gibt es keine Pflichtfächer. Die Studenten stellen sich aus einem breiten und interessanten Wahlpflichtangebot eigenverantwortlich ihre Module zusammen und können damit folgende Profile ausbilden:

- Bioprozesstechnisches Profil  
Entwicklung und Anwendung von Verfahren zur biotechnologischen Stoffwandlung und zur Produktion von Wert- und Wirkstoffen
- Biomedizinisches Profil  
Anwendung systembiologischer Werkzeuge für die Analyse von Krankheitsbildern sowie die Entwicklung von Wirkstoffen und Therapien
- Systembiologisch-theoretisches Profil  
Entwicklung und Anwendung systembiologischer Werkzeuge in der Grundlagenforschung

Außerdem bearbeiten sie in der Masterarbeit selbstständig ein anspruchsvolles wissenschaftliches Forschungsprojekt. Dabei erwerben sie in der Regelstudienzeit von 3 Semestern 90 Creditpoints.



Die Absolventen des Masterstudienganges haben die Kompetenz, komplexe biologische Phänomene mit systembiologischen Methoden zu analysieren. Sie können Verfahren der modernen Medizin weiterentwickeln oder biotechnologische Prozesse entwerfen und optimieren. Damit treten sie in die bewährte Tradition des weltweit hoch angesehenen Diplomingenieurs und sind weiterhin international gefragte Experten.

Mit diesem zweiten berufs- und forschungsqualifizierenden Abschluss stehen den Absolventen vielfältige kreative Tätigkeitsfelder in führenden Industrieunternehmen und innovativen Forschungseinrichtungen offen.



### 3. Bachelorstudiengang Biosystemtechnik, Pflichtmodule

#### 3.1. Mathematik 1 für Ingenieure (Stg A)

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Mathematik 1 für Ingenieure (Stg A)
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Grundlegende mathematische Fähigkeiten zur Modellierung und Lösung ingenieurtechnischer Problemstellungen: Die Studierenden erlangen auf Verständnis beruhende Vertrautheit mit den für die fachwissenschaftlichen Module relevanten mathematischen Konzepten und Methoden und erwerben unter Verwendung fachspezifischer Beispiele die technischen Fähigkeiten im Umgang mit diesen.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Mathematische Grundbegriffe</li><li>• Grundlagen der linearen Algebra</li><li>• Anwendungen der linearen Algebra</li><li>• Grundlagen der eindimensionalen Analysis</li><li>• Anwendungen der eindimensionalen Analysis</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung, selbstständige Arbeit
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 84 Stunden, Selbststudium: 156 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 120 / 8 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. V. Kaibel, FMA Der jeweils verantwortliche Hochschullehrer ist dem aktuell gültigen Vorlesungsverzeichnis zu entnehmen.
<b>Weitere Dozenten:</b> Prof. M. Simon, Prof. Th. Richter





### 3.2. Mathematik 2 für Ingenieure (Stg A)

**Studiengang:**

Pflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik

**Modul:**

Mathematik 2 für Ingenieure (Stg A)

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Grundlegende mathematische Fähigkeiten zur Modellierung und Lösung ingenieurtechnischer Problemstellungen: Die Studierenden erlangen auf Verständnis beruhende Vertrautheit mit den für die fachwissenschaftlichen Module relevanten mathematischen Konzepten und Methoden und erwerben unter Verwendung fachspezifischer Beispiele die technischen Fähigkeiten im Umgang mit diesen.

**Inhalt**

- Anwendungen der eindimensionalen Analysis
- Fortgeschrittene Anwendungen der linearen Algebra
- Grundlagen der mehrdimensionalen Analysis
- Anwendungen der mehrdimensionalen Analysis
- Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik
- Numerische Aspekte

**Lehrformen:**

Vorlesung, Übung, selbstständige Arbeit  
Teil 2a im SoSe, Teil 2 b im WiSe

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Mathematik I für Ingenieure (Stg A)

**Arbeitsaufwand:**

Präsenzzeit: 126 Stunden, Selbststudium: 204 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

K 180 / 11 CP (Teil 2a: 7 CP, Teil 2b: 4 CP)

**Modulverantwortlicher:**

Prof. V. Kaibel, FMA

Der jeweils verantwortliche Hochschullehrer ist dem aktuell gültigen Vorlesungsverzeichnis zu entnehmen.

**Weitere Dozenten:**

Prof. M. Simon, Prof. Th. Richter



### 3.3. Stochastik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Stochastik für Ingenieure
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>— Die Studierenden erkennen zufallsbedingte Vorgänge und verstehen, diese mit stochastischen Methoden auszuwerten und entsprechende fundierte Entscheidungen zu treffen.</li><li>— Sie entwickeln Fähigkeiten zur Modellierung und Bewertung von Zufallsexperimenten und beherrschen grundlegende Regeln bei der Auswertung statistischer Daten.</li><li>— Die Studenten beherrschen die für die fachwissenschaftlichen Module relevanten Konzepte und Methoden aus der Stochastik.</li></ul>
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Modellierung von Zufallsexperimenten</li><li>• Zufallsgrößen und ihre Kenngrößen</li><li>• Zufallsvektoren und Funktionen von Zufallsgrößen</li><li>• Unabhängigkeit von und Korrelation zwischen Zufallsgrößen</li><li>• Gesetze der Großen Zahlen und Zentraler Grenzwertsatz</li><li>• Statistische Analysen (Schätzer, Konfidenzbereiche, Tests von Hypothesen)</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung; (SS); (4. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik I
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 90 / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> apl. Prof. W. Kahle, FMA
<b>Literaturhinweise:</b> Christoph/Hackel: <i>Starthilfe Stochastik</i> , Vieweg+Teubner-Verlag 2010.



### 3.4. Simulationstechnik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Simulationstechnik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> In dieser Vorlesung haben die Studenten die Fähigkeit erlangt, die inzwischen weit verbreitete, kommerzielle mathematisch-numerische Programmierumgebung MatLab® als ein umfangreiches Ingenieurswerkzeug zu erlernen und zu benutzen, um damit Probleme und Aufgabenstellungen aus folgenden Studienveranstaltungen zu bearbeiten, in der eigenen wissenschaftliche Arbeiten anzuwenden und auch im späteren industriellen Arbeitsalltag auf vielfältige Weise zum Einsatz zu bringen. Zu Beginn der Vorlesung werden zunächst in einer kompakten Einführung die wichtigsten Grundlagen der Programmierung mit den relevanten numerischen Verfahren vermittelt. Danach erfolgt eine detaillierte, praxisorientierte Einführung in die Software. Das erworbene Wissen wird an einer Auswahl von studienfachbezogenen Problemstellungen aus den Bereichen Chemie- und Energietechnik als auch der Biotechnologie gefestigt und vertieft.
<b>Inhalt:</b> <b>Theorie der Simulationstechnik</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Grundlagen allgemeiner Simulationsmethodik: Beispiele und Nutzen</li><li>• Grundlegende Schritte: Realität, Modell, Simulation</li><li>• Modellgleichungen und Lösungsalgorithmen</li><li>• Grundlagen zu relevanten numerischen Verfahren und Algorithmen</li><li>• Simulationstechniken zur Modellanalyse und Parameterbestimmung</li><li>• Einsatz der Simulation für Analyse, Optimierung und Design</li></ul> <b>Praktische Einführung in MATLAB</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Softwarenutzung und Programmieretechniken</li><li>• Funktionsaufrufe und Datenvisualisierung</li><li>• Numerische Lösung algebraischer, differentieller und integraler Gleichungen</li><li>• Simulation kontinuierlicher Systeme: Bilanzmodelle und chemischen Reaktoren</li><li>• Simulation diskreter Systeme: Verkehrsprobleme und biotechnologischen Modelle</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> 1 SWS Vorlesung, 1 SWS Hörsaalübung und 1 SWS Computerlabor-Übung; (WS), (3. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik I und II
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Programmierung, Schriftliche Prüfung (K120) / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. A. Voigt, FVST



**Literaturhinweise:**

Benker, Mathematik mit MATLAB : Eine Einführung für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Springer 2000, Bungartz Modellbildung und Simulation Springer 2009.



### 3.5. Physik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Physik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten können sicher mit den Grundlagen der Experimentalphysik (Mechanik, Wärme, Elektromagnetismus, Optik, Atomphysik) umgehen. Sie können induktive und deduktive Methoden zur physikalischen Erkenntnisgewinnung mittels experimenteller und mathematischer Herangehensweise nutzen.  Sie können <ul style="list-style-type: none"><li>• die Grundlagen im Gebiet der klassischen Mechanik und Thermodynamik beschreiben,</li><li>• die mathematische Beschreibung dieser Grundlagen erklären,</li><li>• die Grundlagen und ihre mathematische Beschreibung anwenden, um selbstständig einfache physikalische Probleme zu bearbeiten,</li><li>• forschungsnahe Experimente durchführen</li><li>• Messapparaturen selbstständig aufbauen</li><li>• Messergebnisse auswerten</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– Kinematik, Dynamik der Punktmasse und des starren Körpers, Erhaltungssätze, Mechanik deformierbarer Medien, Hydrostatik und Hydrodynamik, Thermodynamik, kinetische Gastheorie</li><li>– Felder, Gravitation, Elektrizität und Magnetismus, Elektrodynamik, Schwingungen und Wellen, Strahlen- und Wellenoptik, Atombau und Spektren, Struktur der Materie</li><li>– Hinweis: Modul baut auf <i>Physik I</i> auf; fakultative Teilnahme an weiteren Übungen (2 SWS) möglich</li></ul> <i>Übungen zu den Vorlesungen</i> <ul style="list-style-type: none"><li>– Bearbeitung von Übungsaufgaben zur Experimentalphysik</li></ul> <i>Physikalisches Praktikum</i> <ul style="list-style-type: none"><li>– Durchführung von physikalischen Experimenten zur Mechanik, Wärme, Elektrik, Optik</li><li>– Messung physikalischer Größen und Ermittlung quantitativer physikalischer Zusammenhänge</li></ul> Hinweise und Literatur sind zu finden unter <a href="http://www.uni-magdeburg.de/iep/lehreiep.html">http://www.uni-magdeburg.de/iep/lehreiep.html</a> oder <a href="http://hydra.nat.uni-magdeburg.de/ing/v.html">http://hydra.nat.uni-magdeburg.de/ing/v.html</a>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung / Übung / Praktikum; (WS); (1.+2.+3. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Physik 1. Semester: keine; Physik 2. Semester: Lehrveranstaltungen aus dem 1. Semester
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 112 Stunden, Selbststudium: 188 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Praktikumsschein / K 180 / 10 CP



**Modulverantwortlicher:**

Prof. Dr. R. Goldhahn, FNW

**Literaturhinweise:**

- Heribert Stroppe, unter Mitarbeit von Heinz Langer, Peter Streitenberger und Eckard Specht: *PHYSIK für Studierende der Natur- und Ingenieurwissenschaften*, Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, München, Wien, 15. Auflage, 2012, ISBN 978-3-446-42771-6.
- E. Hering, R. Martin, M. Stohrer: *Physik für Ingenieure*, Springer, 1997.
- P. Dobrinski, G. Krakau, A. Vogel: *Physik für Ingenieure*, Teubner, 1996.
- E. Gerlach, P. Grosse: *Physik - Eine Einführung für Ingenieure*, Teubner, 1991.
- D. Meschede: *Gerthsen Physik*, Springer, 2003.



### 3.6. Anorganische Chemie

**Studiengang:**

Pflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik

**Modul:**

Anorganische Chemie

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Ausgehend von grundlegenden Gesetzmäßigkeiten des Atombaus und der Anordnung der Elemente im Periodensystem können die Studierenden Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten der Allgemeinen und Anorganischen Chemie im Zusammenhang betrachten und auf die Eigenschaften und das Reaktionsverhalten der Elemente und Verbindungen übertragen.

Die Übungen dienen der Festigung des Vorlesungsstoffes und führen zu einem sicheren Umgang der Studierenden mit mathematisch fassbaren Inhalten z. B. aus den Bereichen der Stöchiometrie und der chemischen Gleichgewichte.

Im Praktikum erwerben die Studierenden Kompetenzen im sicheren Umgang mit Gefahrstoffen und können ihr theoretisches Wissen zur Chemie wässriger Lösungen anhand einfacher Nachweisreaktionen auf die Laborpraxis übertragen.

**Inhalt**

1. Aufbau der Materie, Atomaufbau, Kernreaktionen, Radioaktivität Bohrsches Atommodell, Quantenzahlen, Orbitale (s, p, d), Pauli-Prinzip, Hund'sche Regel, Struktur der Elektronenhülle Mehrelektronensysteme, Periodensystem der Elemente

Ionisierungsenergie, Elektronenaffinität, Ionenbindung Atombindung (kovalente Bindung), Lewis-Formeln, Oktettregel, dative Bindung, Valenzbindungstheorie (VB), Hybridisierung,  $\sigma$ -Bindung,  $\pi$ -Bindung, Mesomerie

2. Molekülorbitaltheorie (MO-Theorie), Dipole, Elektronegativität, VSEPR-Modell, Van der Waals-Kräfte, Ideale Gase, Zustandsdiagramme

Thermodynamik chemischer Reaktionen, Reaktionsenthalpie, Standard-bildungsenthalpie, Satz von Heß, Chemisches Gleichgewicht, Massenwirkungsgesetz, Entropie, Geschwindigkeit chemischer Reaktionen (1. Ordnung), Arrhenius Gleichung, Katalyse (homogen, heterogen), Ammoniaksynthese, Synthese von Schwefeltrioxid

3. Lösungen, Elektrolyte, Löslichkeitsprodukt, Säure-Base Theorie (Arrhenius) (Bronsted), pH-Wert, Oxidationszahlen, Oxidation, Reduktion, Redoxvorgänge

-Wasserstoff (Vorkommen, Eigenschaften, Darstellung) Wasserstoffverbindungen

- Edelgase (Vorkommen, Eigenschaften, Verwendung) Edelgasverbindungen

- Halogene (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung) Verbindungen der Halogene, Chalkogene (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung) Verbindungen der Chalkogene

4. Sauerstoffverbindungen, Oxide, Hyperoxide, Gewinnung von Schwefel (Frasch Verfahren) Schwefelverbindungen, Schwefelsäureherstellung (techn.)

5. Elemente der 5. Hauptgruppe (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung) Stickstoff-Wasserstoffverbindungen, Ammoniaksynthese, Stickoxide, Salpetersäureherstellung Elemente der 4. Hauptgruppe (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung) Carbide, Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Carbonate, Siliziumdioxid, Herstellung von Reinstsilizium, Silikate, Gläser

6. Elemente der 3. Hauptgruppe (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung)

7. Elemente der 2. Hauptgruppe (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung) Elemente der 1. Hauptgruppe (außer Wasserstoff) (Eigenschaften, Vorkommen, Darstellung)

Praktikum: Einführung in grundlegende Labortechnik anhand von Ionenreaktionen in wässriger Lösung sowie der qualitativen und quantitativen Analyse.

**Lehrformen:**

Vorlesung, Übung, Praktikum; (WS); (1. Semester)



**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Keine

**Arbeitsaufwand:**

Präsenzzeit 70 Stunden, Selbststudium: 140 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

K 120 / Praktikumsschein / 7 CP

**Modulverantwortlicher:**

Dr. V. Lorenz, FVST

**Literaturhinweise:**

Erwin Riedel: Allgemeine und Anorganische Chemie (de Gruyter Studium)





### 3.7. Organische Chemie

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelorstudiengang Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Organische Chemie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Ausgehend von der grundlegenden Einteilung organischer Verbindungen haben die Studenten die Fähigkeit erworben, aus wichtigen Strukturmerkmalen (funktionelle Gruppen) Gesetzmäßigkeiten für das Reaktionsverhalten ableiten zu können.</li><li>▪ Sie entwickeln ein Basisverständnis für die Inhalte der aufbauenden Module.</li><li>▪ In der Übung werden die wichtigsten Gesetzmäßigkeiten organischer Reaktionsmechanismen an ausgewählten Beispielen trainiert.</li><li>▪ Das Praktikum dient der Entwicklung von Fertigkeiten im sicheren Umgang mit Gefahrstoffen sowie Labor- und Messgeräten sowie der Schulung des analytischen und logischen Denkens.</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Struktur und Bindung organischer Moleküle</li><li>• Radikalreaktionen</li><li>• Nucleophile Substitution und Eliminierung</li><li>• Additionsreaktionen</li><li>• Substitutionsreaktionen am Aromaten</li><li>• Oxidation und Dehydrierung</li><li>• Carbonylreaktionen</li><li>• bedeutende großtechnische Verfahren</li><li>• Reinigung und Charakterisierung von organischen Substanzen</li><li>• stoffgruppenspezifische Analytik</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung, Praktikum; (SS); (2. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeiten: 70 Stunden; Selbststudium: 140 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 120 / Praktikumsschein / 7 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. D. Schinzer, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> Organic Chemistry, K. Peter C. Vollhardt, W.H. Freeman and Company, New York



### 3.8. Physikalische Chemie

**Studiengang:**

Pflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik

**Modul:**

Physikalische Chemie

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Ziel des Moduls ist, die Studierenden zu befähigen, mit Grundbegriffen, wichtigen Gesetzmäßigkeiten und Messmethoden der Physikalischen Chemie sicher umgehen zu können. Die Studierenden erwerben Basiskompetenzen in den Bereichen (chemische) Thermodynamik, Kinetik und Elektrochemie, da vor allem makroskopische, weniger mikroskopische Zusammenhänge betrachtet werden.

In der Übung wird das Lösen physikalisch-chemischer Probleme anhand ausgewählter Rechenbeispiele trainiert.

Im Praktikum wird das theoretische Wissen angewendet und auf das Messen von physikalisch-chemischen Größen übertragen. Trainiert werden sowohl die Beobachtungsgabe und kritische Messwerterfassung als auch eine fundierte Darstellung der Ergebnisse im zu erstellenden Protokoll.

**Inhalt**Block 1:*Einführung*

Abriss der Hauptgebiete der Physikalischen Chemie; Grundbegriffe, -größen und Arbeitsmethoden der Physikalischen Chemie

*Chemische Thermodynamik*

System und Umgebung, Zustandsgrößen und Zustandsfunktionen, 0. Hauptsatz; Gasgleichungen, thermische Zustandsgleichung; Reale Gase, kritische Größen, Prinzip der korrespondierenden Zustände

Block 2:

1. Hauptsatz und kalorische Zustandsgleichung; Temperaturabhängigkeit von innerer Energie und Enthalpie; molare und spezifische Wärmekapazitäten; Reaktionsenergie und -enthalpie, Heßscher Satz; Isothermen und Adiabaten; Umsetzung von Wärme und Arbeit: Kreisprozesse; 2. Hauptsatz, Entropie, und 3. Hauptsatz

Block 3:

Konzentration auf das System: Freie Energie und Freie Enthalpie; Chemisches Potential und seine Abhängigkeit von Druck, Volumen, Temperatur und Molenbruch; Mischphasen: wichtige Beziehungen und Größen, partiell molare Größen; Mischungseffekte; Joule-Thomson-Effekt

Block 4:

Phasengleichgewichte in Ein- und Mehrkomponentensystemen; Gibbs'sche Phasenregel; Clapeyron- und Clausius-Clapeyron-Beziehung; Raoult'sches Gesetz, Dampfdruck- und Siedediagramme binärer Systeme, Azeotrope; Kolligative Eigenschaften; Schmelzdiagramme binärer Systeme

Block 5:

Chemisches Gleichgewicht: Massenwirkungsgesetz, Gleichgewichtskonstante und ihre Druck- und Temperaturabhängigkeit; Oberflächenenergie: Oberflächenspannung, Eötvös'sche Regel, Kelvin-Gleichung

*Kinetik homogener und heterogener Reaktionen*

Grundbegriffe: allgemeiner Geschwindigkeitsansatz, Ordnung und Molekularität; einfache Geschwindigkeitsgesetze; Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit: Arrhenius-Ansatz

Block 6:

Komplexere Geschwindigkeitsgesetze: Folgereaktionen, Quasistationaritätsnäherung und vorgelagerte Gleichgewichte; Kettenreaktionen und Explosionen; Katalyse allgemein; Adsorption und heterogene Katalyse

Block 7:*Elektrochemie (Thermodynamik und Kinetik geladener Teilchen)*

Grundbegriffe; Starke und schwache Elektrolyte; Elektrodenpotentiale und elektromotorische Kraft; Spannungsreihe; Halbzellen und Batterien (galvanische Zellen); Korrosion; Doppelschichten; Kinetik von Elektrodenprozessen



Parallel zur Vorlesung, die hier in 7 Blöcke á je 4 Unterrichtsstunden (2 Semesterwochen) gegliedert ist, werden Rechenübungen, in denen die Studierenden die Lösung entsprechender physikalisch-chemischer Probleme üben sollen, sowie ein Praktikum durchgeführt; in letzterem werden verschiedene Versuche aus den in der Vorlesung behandelten Gebieten durchgeführt.

**Lehrformen:**

Vorlesung, Rechenübung, Praktikum mit Seminar; (WS); (3.+4. Semester)

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Mathematik I

**Arbeitsaufwand:**

Präsenzzeit: 84 Stunden, Selbststudium: 126 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

K 120 / Praktikumsschein / 7 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. H. Weiß, FVST

**Lehrender:**

PD Dr. J. Vogt

**Literaturhinweise:**

- Atkins, Peter W. ; De Paula, Julio; "Physikalische Chemie", Wiley-VCH
- Atkins, Peter W. ; De Paula, Julio; "Kurzlehrbuch Physikalische Chemie", Wiley-VCH
- Wedler, Gerd; "Lehrbuch der Physikalischen Chemie", Wiley-VCH



### 3.9. Biochemie

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Biochemie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Durch die Vermittlung von Grundlagen in Theorie und Praxis haben die Studierenden ein kompaktes und für das weitere Studium essentielles Basiswissen im Fach Biochemie erhalten. Darüber hinaus erlangen die Studierenden die notwendigen Kenntnisse, um sich selbstständig vertieft in die biochemische und molekularbiologische Literatur einzuarbeiten. Im praktischen Teil der Ausbildung erlernen die Studierenden grundlegende experimentelle Arbeitstechniken der Biochemie am Beispiel der Enzymbiochemie.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Von der Chemie zur Biochemie: Moleküle und Prinzipien</li><li>• Proteine: Aufbau und Funktion</li><li>• Enzyme und enzymatische Katalyse</li><li>• Struktur- und Motorproteine</li><li>• Zentrale Wege des katabolen und anabolen Stoffwechsels</li><li>• Atmung und Photosynthese</li><li>• Membranproteine und Rezeptoren</li><li>• Prinzipien der Bioenergetik und Membranbiochemie</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Praktikum; (WS); (1.+3. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Praktikumsschein / K 120 / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. W. Marwan, FNW
<b>Literaturhinweise:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Alberts: Molecular Biology of the Cell (englische oder deutsche Version)</li><li>• Nelson/Cox: Lehninger Biochemie</li><li>• Müller-Esterl: Biochemie</li></ul>



### 3.10. Grundlagen der Biologie

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Grundlagen der Biologie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Am Ende des Moduls haben die Studenten einen guten Überblick über Inhalte und Prinzipien der allgemeinen Biologie, Zoologie, Zellbiologie, Molekularbiologie, Genetik und Humanbiologie. Darüber hinaus sollen sie die Fähigkeit entwickelt haben interdisziplinäre Fragestellungen im Bereich der allgemeinen Biologie zu lösen. Durch das Praktikum besitzen die Studenten Fertigkeiten in der sicheren Probenpräparation, der Nutzung spezieller Messtechnik- und Messmethoden, sowie der Mikroarbeitstechnik.
<b>Inhalt:</b> <u>Vorlesung:</u> <ul style="list-style-type: none"><li>• Zellbiologie, Biochemie der Zelle, Genetik</li><li>• Evolutionsbiologie, Phylogenie</li><li>• Allgemeine Zoologie, Tierphysiologie, Entwicklungsbiologie</li><li>• Neurobiologie, Verhaltensbiologie</li></ul> <u>Praktikum:</u> <ul style="list-style-type: none"><li>• Einführung in die Laborsicherheit</li><li>• Einführung in biochemische und molekularbiologische Techniken</li><li>• Mikrobiologisches Arbeiten, Klonieren</li><li>• Polymerasekettenreaktion</li><li>• Histologie/Zytologie</li><li>• Einführung in die histologischen Präparationstechniken und Färbeverfahren</li><li>• Klassifikation gefärbter Gewebe</li><li>• In vitro Methoden</li><li>• Immunzytochemie/Enzymhistochemie</li><li>• Quantifizierungsmethoden in der Histologie</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (2SWS), Praktikum (2SWS); (WS); (1.+2. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Die Vorlesung ist Voraussetzung für das Praktikum.
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 4SWS / 56 Stunden, Selbststudium: 124 Stunden
<b>Leistungspunkte / Credits:</b> 6 CP (3 CP Vorlesung, 3 CP Praktikum)
<b>Leistungsnachweise / Prüfung:</b> Vorlesung: Klausur 120 min; Praktikum: Laborbericht
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. O. Stork, FNW



**Lehrende:**

Prof. O. Stork, Prof. A. K. Braun, Prof. F. Schaper

**Literaturhinweise:**

Campbell, Reece „Biologie“ 8<sup>te</sup> Auflage, Pearson



### 3.11. Mikrobiologie

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Mikrobiologie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten haben Basiskompetenzen in der Mikrobiologie erworben. Die Themen umspannen den Aufbau und die Funktion von Mikroorganismen, verschiedene Stoffwechselprozesse in Mikroorganismen sowie die Grundlagen der mikrobiellen Genetik und der Biochemie. Basierend diesen Kenntnissen sind sie in der Lage, Mikroorganismen basierend auf morphologischen und physiologischen Merkmalen zu klassifizieren. Im Praktikum erwerben die Studenten Fertigkeiten zur eigenständigen Nutzung mikrobiologischer Arbeitstechniken wie Sterilisation, Kultivierung und Mikroskopie. Das Festhalten der Ergebnisse in Form von Protokollen dient dem Erlernen des Aufzeichnens wissenschaftlicher Ergebnisse.
<b>Inhalt:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1) Einführung zu Mikroorganismen</li><li>2) Klassifizierung von Mikroorganismen</li><li>3) Struktur und Funktion der prokaryotischen Zelle</li><li>4) Wachstum, Vermehrung und Sporenbildung</li><li>5) Grundmechanismen des Stoffwechsels</li><li>6) Bioenergetik</li><li>7) Grundlagen der Genetik</li></ol> <b>Praktikum</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Mikroskopie (Färbetechniken, Paskontrastmikroskopie, Dunkelfeldmikroskopie)</li><li>• Sterilisation von Medien und Materialien</li><li>• Aerobe / anaerobe Kultivierung</li><li>• Zellaufbau (Zellwand, Sporen)</li><li>• Physiologie and Biochemie</li><li>• Synthese von Antibiotika, Antibiotikaresistenzen</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Praktikum; (WS); (1.+2. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Die Teilnahme an der Vorlesung ist Voraussetzung für das Praktikum.
<b>Arbeitsaufwand:</b> 4 SWS (56 h Präsenzzeit + 94 h selbständiges Arbeiten)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Klausur (90 min) / Praktikum / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. U. Reichl, FVST <b>Lehrende:</b> Prof. U. Reichl, PD Dr. Y. Genzel, Dr. D. Benndorf



**Literaturhinweise:**

H. G. Schlegel, C. Zaborosch (1992) Allgemeine Mikrobiologie. Thieme. ISBN: 978-3134446074

M. T. Madigan, J. M. Martinko (2008) Brock Mikrobiologie. Pearson Studium. ISBN: 978-3827373588





### 3.12. Zellbiologie

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Zellbiologie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Am Ende des Moduls besitzen die Studenten ein weitgehend einheitliches zellbiologisches Grundverständnis, welches ihnen als Basis für die nachfolgenden, spezialisierten biologischen Module dient und sie befähigt, einzelne biologische Prozesse in die Komplexität der Zellbiologie einzuordnen, verstehen und bewerten zu können. Die Studenten werden die Grundmechanismen der Zell- und Membranorganisation, der zellulären Transportmechanismen und der Zytoskelettdynamik kennen und können die regulatorischen Beziehungen zwischen diesen Prozessen interpretieren.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Einführung in die prinzipielle Organisation der Eukaryotenzellen</li><li>• Aufbau und Organisation biologischer Membranen</li><li>• zellbiologische Transportmechanismen (Membran- und vesikulärer Transport)</li><li>• Aufbau und Dynamik des Zytoskeletts</li><li>• Funktion molekularer Motoren und Zellverhalten</li><li>• Zell-Zell- und Zell-Matrix-Interaktion</li><li>• Aufbau der extrazellulären Matrix</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung; (SS); (2. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundkenntnisse Biologie
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 28 Stunden, Selbststudium, Vorbereitung auf die Prüfung: 122 Stunden V; 2 SWS
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Klausur 120 min / 5 CP
<b>Verantwortliche:</b> apl. Prof. Dr. T. Kähne, FME
<b>Literaturhinweise:</b> Alberts et al. „Lehrbuch der molekularen Zellbiologie“



### 3.13. Technische Thermodynamik / Wärmelehre

**Studiengang:**

Pflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik

**Modul:**

Technische Thermodynamik / Wärmelehre

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Das Modul verfolgt das Ziel, Basiswissen zu den Grundlagen der Energieübertragung und Energiewandlung sowie dem Zustandsverhalten von Systemen zu vermitteln. Die Studenten besitzen Fertigkeiten zur energetischen Bilanzierung von technischen Systemen sowie zur energetischen Bewertung von Prozessen. Sie sind befähigt, die Methodik der Thermodynamik für die Schulung des analytischen Denkvermögens zu nutzen und erreichen Grundkompetenzen zur Identifizierung und Lösung energetischer Problemstellungen.

Die Studenten kennen die wichtigsten Energiewandlungsprozesse, können diese bewerten und besitzen die Fähigkeit zu energie- und umweltbewusstem Handeln in der beruflichen Tätigkeit.

**Inhalt:**

1. Systematik und Grundbegriffe, Wärme als Form des Energietransportes, Arten der Wärmeübertragung, Grundgesetze und Wärmedurchgang
2. Wärmeübergang durch freie und erzwungene Konvektion, Berechnung von Wärmeübergangskoeffizienten, Energietransport durch Strahlung
3. Wärme und innere Energie, Energieerhaltungsprinzip, äußere Arbeit und Systemarbeit, Volumenänderungs- und technische Arbeit, dissipative Arbeit, p,v-Diagramm
4. Der erste Hauptsatz, Formulierungen mit der inneren Energie und der Enthalpie, Anwendung auf abgeschlossene Systeme, Wärme bei reversiblen Zustandsänderungen
5. Entropie und zweiter Hauptsatz, Prinzip der Irreversibilität, Entropie als Zustandsgröße und T,s-Diagramm, Entropiebilanz und Entropieerzeugung, reversible und irreversible Prozesse in adiabaten Systemen, Prozessbewertung (Exergie)
6. Zustandsverhalten einfacher Stoffe, thermische und energetische Zustandsgleichungen, charakteristische Koeffizienten und Zusammenhänge, Berechnung von Zustandsgrößen, ideale Flüssigkeiten, reale und ideale Gase, Zustandsänderungen idealer Gase
7. Bilanzen für offene Systeme, Prozesse in Maschinen, Apparaturen und Anlagen: Rohrleitungen, Düse und Diffusor, Armaturen, Verdichter, Gasturbinen, Windräder, Pumpen, Wasserturbinen und Pumpspeicherkraftwerke, Wärmeübertrager, instationäre Prozesse
8. Thermodynamische Potentiale und Fundamentalgleichungen, freie Energie und freie Enthalpie, chemisches Potential, Maxwell-Relationen, Anwendung auf die energetische Zustandsgleichung (van der Waals-Gas)
9. Mischungen idealer Gase (Gesetze von Dalton und Avogadro, Zustandsgleichungen) und Grundlagen der Verbrennungsrechnungen, Heiz- und Brennwert, Luftbedarf und Abgaszusammensetzung, Abgastemperatur und theoretische Verbrennungstemperatur (Bilanzen und h,s-Diagramm)
10. Grundlagen der Kreisprozesse, Links- und Rechtsprozesse (Energiewandlungsprozesse: Wärmekraftmaschine, Kältemaschinen und Wärmepumpen), Möglichkeiten und Grenzen der Energiewandlung (2. Hauptsatz), Carnot-Prozess (Bedeutung als Vergleichsprozess für die Prozessbewertung)
11. Joule-Prozess als Vergleichsprozess der offenen und geschlossenen Gasturbinenanlagen, Prozessverbesserung durch Regeneration, Verbrennungskraftmaschinen (Otto- und Dieselprozess) – Berechnung und Vergleich, Leistungserhöhung durch Abgasturbolader, weitere Kreisprozesse
12. Zustandsverhalten realer, reiner Stoffe mit Phasenänderung, Phasengleichgewicht und Gibbs'sche Phasenregel, Dampftafeln und Zustandsdiagramme, Tripelpunkt und kritischer Punkt, Clausius-Clapeyron'sche Gleichung, Zustandsänderungen mit Phasenumwandlung
13. Kreisprozesse mit Dämpfen, Clausius-Rankine-Prozess als Sattampf- und Heißdampfprozesse, „Carnotisierung“ und Möglichkeiten der Wirkungsgradverbesserung (Vorwärmung, mehrstufige



Prozesse, ...) 14. Verluste beim Kraftwerksprozess, Kombiprozesse und Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung, Gas-Dampf-Mischungen, absolute und relative Feuchte, thermische und energetische Zustandsgleichung, Taupunkt
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übungen; (WS); (3. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Lehrveranstaltung des Sommersemesters baut auf die Lehrveranstaltung im Wintersemester auf.
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 120 / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. F. Beyrau, FVST <b>Lehrender:</b> Dr. Sauerhering
<b>Literaturhinweise:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- H. D. Baehr: Thermodynamik. Springer-Verlag, Berlin</li><li>- N. Elsner: Grundlagen der Technischen Thermodynamik. (Band 1 und 2) Akademie-Verlag, Berlin</li><li>- H. K. Iben; Starthilfe Thermodynamik</li><li>- J. Schmidt: B. G. Teubner Stuttgart, Leipzig (ISBN 3-519-00262-0)</li><li>- P. Stephan; K. Schaber; Thermodynamik, Grundlagen und Technische Anwendung (Bd. 1), K. Stephan; F. Mayinger: Springer-Verlag, Berlin</li><li>- Autorenkollektiv: VDI-Wärmeatlas, 6. Auflage, VDI-Verlag, Düsseldorf 1991</li><li>- H. D. Baehr; K. Stephan: Wärme- und Stoffübertragung, Springer-Verlag Berlin Heidelberg</li><li>- J. Schmidt: Einführung_in_die_Wärmeübertragung.pdf (Downloadbereich des Lehrstuhls)</li></ul>



### 3.14. Bioverfahrenstechnik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Bioverfahrenstechnik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Den Studierenden werden die wesentlichen Grundlagen der biologischen, apparativen und theoretischen Aspekte biotechnologischer Prozesse vermittelt. Die Studierenden lernen theoretische Grundlagen, Geräte, Messtechniken und Verfahren kennen, die in der Bioverfahrenstechnik routinemäßig zur Kultivierung von Mikroorganismen und zur Aufreinigung biologischer Wirkstoffe eingesetzt werden. Durch die praktischen Übungen sind die Studierenden in der Lage eigenständig Experimente in Bioreaktoren sowie Versuche zur Aufreinigung von Makromolekülen (Proteine) vorzubereiten, durchzuführen und auszuwerten. Die Ergebnisse der Versuche können sie in Form von schriftlichen Protokollen darstellen.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Einführung</li><li>• Bioprozesse</li><li>• Vermehrung von Mikroorganismen (Wachstumskinetik, Einfluss physikalischer Faktoren, Produktbildung, Substratverbrauch, Sauerstoffbedarf)</li><li>• Fermentationspraxis (Bioreaktoren, Steriltechnik, Impfkulturen, Transportprozesse, Maßstabsvergrößerung)</li><li>• Analyse von Fermentationsprozessen (On-line Messungen, Off-line Messungen, Prozesskontrolle, Modellierung)</li><li>• Downstream Processing</li><li>• Vorbemerkungen (Ziel von Aufarbeitsverfahren, Aufarbeitung von Proteinen , Reinheit, Proteinreinigungsprozesse als Einheitsoperationen, Isolierung von intra- und extrazellulären Proteinen)</li><li>• Zellaufschluss</li><li>• Flotation</li><li>• Sedimentation</li><li>• Zentrifugation</li><li>• Filtration und Membranseparation</li><li>• Chromatographie (Grundlagen chromatographischer Trennungen, Chromatographiemethoden, Systemkomponenten einer Chromatographieanlage, das Chromatogramm, Trennprinzipien der stationären Phasen, Vorversuche zur chromatographischen Trennung, Chromatographische Medien, Gelfiltration, adsorptionschromatographische Methoden)</li><li>• Trocknung</li></ul> <b>Übung</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• theoretische Übungen: Upstream Processing und Downstream Processing</li><li>• praktische Übung: Upstream Processing (Bioreaktor: Wachstum eines gentechnisch modifizierten von <i>E. coli</i>)</li><li>• praktische Übung: Downstream Processing (Reinigung eines üexprimierten Proteins mit Affinitäts- und Gelchromatographie)</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Praktikum; (SS); (4. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundlagenfächer des Bachelors



**Arbeitsaufwand:**

3 SWS; (42 h Präsenzzeit + 78 h selbständiges Arbeiten)

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Klausur (90 min) / praktische Übung mit unbenotetem Leistungsnachweis / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. U. Reichl, FVST

**Lehrende:**

Prof. U. Reichl, Dr. D. Benndorf, FVST

**Literaturhinweise:**

Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., Walter, P. (2011): Molekularbiologie der Zelle, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA; Auflage: 5

Chmiel, H. (2011): Bioprozesstechnik, Spektrum Akademischer Verlag; Auflage: 3

Eitinger, T., Heider, J., Kemper, B., Kothe, E. (2014): Allgemeine Mikrobiologie, Thieme

Storhas, W. (2000): Bioreaktoren und periphere Einrichtungen, Vieweg

Storhas, W. (2013): Bioverfahrensentwicklung, Wiley-VCH



### 3.15. Einführung in die Systemtheorie

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Einführung in die Systemtheorie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten besitzen Basiskompetenzen zur Betrachtung dynamischer Systeme. Sie besitzen, neben Fertigkeiten mit einfachen formalen Konzepten umgehen zu können, auch ein intuitives Verständnis für grundlegende dynamische Phänomene. In der Übung haben die Studenten die Fähigkeit erworben, an Hand von Beispielen zu erkennen, dass dynamische Phänomene in einer Vielzahl von technischen und nicht-technischen Anwendungsgebieten auftreten.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Grundbegriffe der Systemtheorie (Systeme, Signale, statische und dynamische Systeme)</li><li>• Beispiele für dynamische Systeme (Geometrisches Wachstum, Einfaches Populationsmodell, Modell einer isolierten Volkswirtschaft, Exponentielles Wachstum, Räuber-Beute-Modell, Elektrisches Netzwerk, Mechanische Systeme)</li><li>• Klassifikation kausaler Systeme (Linearität, Zeitinvarianz, Autonomie)</li><li>• Differenzgleichungen (Autonome Differenzgleichungen, Autonome lineare Differenzgleichungen)</li><li>• Differentialgleichungen (Autonome Differentialgleichungen, Autonome lineare Differentialgleichungen)</li><li>• Steuerung und Regelung (Zustandsraum, Steuerbarkeit, Stabilisierung durch Regelung)</li><li>• Elemente der linearen Algebra (Vektoren und Matrizen, Vektor- und Matrixoperationen, Basisvektoren und Koordinatensysteme, Wechsel des Koordinatensystems, Eigenwerte und –vektoren)</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übungen; (SS); (4. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> : 4 SWS, Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 120 / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. R. Findeisen, FEIT
<b>Literaturhinweise:</b> [1] J. Lunze: Regelungstechnik I, Systemtheoretische Grundlagen, Analyse und Entwurf einschleifiger Regelungen, Springer [2] B. Girod, R. Rabenstein, A. Stenger: Einführung in die Systemtheorie, Signale und Systeme in der Elektrotechnik und Informationstechnik, Teubner [3] R. Unbehauen: Systemtheorie I, Allgemeine Grundlagen, Signale und lineare Systeme im Zeit- und Frequenzbereich, Oldenbourg



### 3.16. Immunologie

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Immunologie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten können spezifische Merkmale und systematische Probleme der Immunologie beschreiben und beurteilen. Im Praktikum werden die Studenten geschult, die spezifischen Arbeitstechniken des Fachgebietes sicher zu beherrschen.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Einführung in die Immunologie</li><li>• Immunorgane</li><li>• Immunzellen</li><li>• Immunmechanismen</li><li>• Immunität</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Praktikum; (SS); (4. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Module der ersten beiden Studiensemester, die ihren Schwerpunkt in der Biologie und Biochemie haben.
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 120 / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. B. Schraven, FME Lehrende: apl. Prof. Dr. U. Bommhardt
<b>Literaturhinweise:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- G.R Burmester, A. Pezzuto, T. Ulrichs: Taschenatlas der Immunologie (Thieme Verlag)</li><li>- K. Murphy, P. Travers, M. Walport: Janeway Immunologie (Spektrum Akademischer Verlag)</li><li>- A. J. Abbas, A. H. Lichtmann: Basic Immunology (Saunders Elsevier Verlag)</li></ul>



### 3.17. Regulationsbiologie

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Regulationsbiologie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Regulatorische Netzwerke und zelluläre Sensoren kontrollieren und steuern auf unterschiedliche Weise praktisch alle Lebensprozesse. Nach Besuch der Vorlesung wissen die Studierenden, welche Arten von molekularen Netzwerken der zellulären Signalverarbeitung und Regulation man kennt, wie sie konstruiert sind, nach welchen Funktionsprinzipien sie arbeiten und wie komplexe Netzwerke konzeptionell und experimentell erforscht werden.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Bedeutung regulatorischer Netzwerke bei Mikroorganismen, Pflanzen und Tieren</li><li>• Grundoperationen der biologischen Regulation: Rezeption, Verstärkung, Integration, Adaptation, Rückkoppelung, Schalten, Logische Verknüpfungen am Beispiel der Chemotaxis von <i>Escherichia coli</i></li><li>• Methoden zur Experimentellen Analyse der Struktur und Dynamik von Netwerken der zellulären Signalverarbeitung</li><li>• Lichtregulierte Signalketten und Grundlagen der Photobiochemie</li><li>• Dynamik zellulärer Signalverarbeitung am Beispiel der Phototaxis von Halobacterium; Stochastische Phänomene als Ursache individuellen Verhaltens</li><li>• Grundlagen der Signaltransduktion, Membranrezeptoren, Adapterproteine</li><li>• Molekulare Mechanismen der Krebsentstehung und Metastasierung</li><li>• Vom Gen zur Funktion: experimentelle Methoden</li><li>• Petri-Netze: Modellierung und Simulation zellulärer Signalprozesse; Reverse Engineering</li><li>• Mechanismen der zellulären Reprogrammierung von Säugerzellen</li><li>• Regulation des Zellcyclus</li><li>• Sporulation von <i>Physarum polycephalum</i> als genetisches Modellsystem von Zelldifferenzierung und zellulärer Reprogrammierung</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übungen; (SS); (4. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Vorlesung und Praktikum Biochemie
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3SWS, Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Mündliche Prüfung / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. W. Marwan, FNW
<b>Literaturhinweise:</b> Alberts: Molecular Biology of the Cell; Verlag: Taylor & Francis; Auflage: 4th ed. (21. März 2002)





### 3.18. Strömungsmechanik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Strömungsmechanik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Auf der Basis der Vermittlung der Grundlagen der Strömungsmechanik und der Strömungsdynamik haben die Studenten Fertigkeiten zur Untersuchung und Berechnung von inkompressiblen Strömungen erworben. Sie besitzen Basiskompetenzen zur Betrachtung kompressibler Strömungen. Die Studierenden sind befähigt, eigenständig strömungsmechanische Grundlagenprobleme zu lösen. Durch die Teilnahme an der Übung sind sie in der Lage, die abstrakten theoretischen Zusammenhänge in Anwendungsbeispiele zu integrieren. Sie können die Grundgleichungen der Strömungsmechanik in allen Varianten sicher anwenden. Außerdem können sie Grundkonzepte wie Kontrollvolumen und Erhaltungsprinzipien meistern.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Einführung, Grundprinzipien der Strömungsdynamik</li><li>• Wiederholung notwendiger Konzepte der Thermodynamik und der Mathematik</li><li>• Kinematik</li><li>• Kontrollvolumen und Erhaltungsgleichungen</li><li>• Reibungslose Strömungen, Euler-Gleichungen</li><li>• Ruhende Strömungen</li><li>• Bernoulli-Gleichung, Berechnung von Rohrströmungen</li><li>• Impulssatz, Kräfte und Momente</li><li>• Reibungsbehaftete Strömungen, Navier-Stokes-Gleichungen</li><li>• Ähnlichkeitstheorie, dimensionslose Kennzahlen</li><li>• Grundlagen der kompressiblen Strömungen</li><li>• Experimentelle und numerische Untersuchungsmethoden</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übungen; (SS); (4. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik I und II, Physik, Thermodynamik
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K120 / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. D. Thévenin, FVST



**Literaturhinweise:**

- Böswirth, Technische Strömungslehre
- Gersten und Hernig, Strömungsmechanik
- Herwig, Strömungsmechanik
- Iben, Strömungslehre: eine gute Einführung
- Becker, Technische Strömungslehre.
- Kuhlmann, Strömungsmechanik
- Kümmel, Technische Strömungsmechanik

siehe: [www.uni-magdeburg.de/isut/LSS/Lehre/Vorlesungen/buecher.pdf](http://www.uni-magdeburg.de/isut/LSS/Lehre/Vorlesungen/buecher.pdf)



### 3.19. Grundlagen und Prozesse der Verfahrenstechnik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelorstudiengang Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Grundlagen und Prozesse der Verfahrenstechnik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"><li>• erwerben das physikalische Grundverständnis wesentlicher Stoffwandlungsprozesse der Verfahrenstechnik und Partikeltechnik/</li><li>• können ihre verfahrenstechnischen Kenntnisse und Fähigkeiten nutzen, um das Ingenieurstudium der verfahrenstechnisch orientierten Systemtechnik erfolgreich weiterzuführen.</li><li>• erwerben die Kompetenz, methodische Inhalte der Verfahrenstechnik (z. B. Einheit von Stoffeigenschaften und Prozessdynamik) auf ein breites Anwendungsfeld zu übertragen.</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Charakterisierung von Partikeln und disperser Partikelsysteme</li><li>• Separierung, Mischung und Trennung von Partikeln unterschiedlicher Größe</li><li>• Ausgewählte mechanische Prozesse (z.B. Zerkleinerung und Wirbelschichtverfahren)</li><li>• Durch Gleichgewicht bzw. Kinetik kontrollierte thermische Trennprozesse</li><li>• Grundlagen des Stoff- und Wärmetransports sowie der Reaktormodellierung</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung und Übungen Praktische Übungen (Partikelmesstechnik, Zerkleinerung, Feinstklassierung) im 5. Semester
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Stochastik, Physik, Strömungsmechanik
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 84 Stunden, Selbststudium: 156 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 180 / 8 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> JP Dr. F. Denner, FVST <b>Weiterer Lehrender:</b> Prof. E. Tsotsas, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> [1] Manuskript mit Text, Bildern und Übungen. [2] H. Schubert, <i>Handbuch der Mechanischen Verfahrenstechnik</i> , Wiley-VCH, 2003.



### 3.20. Molekulare Zellbiologie

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Molekulare Zellbiologie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Am Ende des Moduls besitzen die Studenten grundlegende Kenntnisse über die Mechanismen und Prinzipien zellulärer Signalprozesse und kennen exemplarisch die wichtigsten zellulären Signalwege. Am Beispiel des NF- $\kappa$ B Systems kennen die Studenten unterschiedliche posttranslationale Modifikationen und ihre Bedeutung für die Kontrolle des Signalsystems. Zudem ist ihnen die biomedizinische Relevanz der Signalwege bekannt.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Einführung: Mechanismen und Prinzipien der zellulären Kontrolle</li><li>• Aktivierung und Kontrolle unterschiedlicher Signalwege</li><li>• Dynamik in Signalsystemen</li><li>• Regulation des NF-<math>\kappa</math>B Systems durch posttranslationale Modifikationen</li><li>• Signalkontrolle in Zellzyklus und Proliferation</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung; (WS); (5. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundkenntnisse Zellbiologie
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 28 Stunden, Selbststudium 92 Stunden 2 SWS
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Klausur 120 min / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. M. Naumann, FME
<b>Literaturhinweise:</b> Alberts et al. „Lehrbuch der molekularen Zellbiologie“



### 3.21. Prozessdynamik I

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Prozessdynamik I
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden sind befähigt, das dynamische Verhalten von örtlich konzentrierten Prozessen der Verfahrenstechnik, der Energietechnik und der Biosystemtechnik mittels mathematischer Modelle zu beschreiben und zu analysieren. Sie sind in der Lage, diese Modelle für vorgegebene Prozesse konsistent aufzustellen, geeignete numerische Lösungsverfahren auszuwählen und darauf aufbauend stationäre und dynamische Simulationen durchzuführen. Sie können qualitative Aussagen über die Stabilität autonomer Systeme treffen und sind befähigt, das dynamische Antwortverhalten technischer Prozesse für bestimmte Eingangssignale quantitativ vorherzusagen. Ausgehend von den erzielten Analyseergebnissen sind die Studierenden in der Lage, die Wirkung von Struktur- und Parametervariationen auf die Dynamik der untersuchten Prozesse korrekt einzuschätzen.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Motivation und Anwendungsbeispiele</li><li>• Bilanzgleichungen für Masse und Energie</li><li>• Thermodynamische und kinetische Gleichungen</li><li>• Allgemeine Form dynamischer Modelle</li><li>• Numerische Simulation dynamischer Systeme</li><li>• Linearisierung nichtlinearer Modelle</li><li>• Stabilität autonomer Systeme</li><li>• Laplace-Transformation</li><li>• Übertragungsverhalten von „Single Input Single Output“ (SISO) Systemen</li><li>• Übertragungsverhalten von „Multiple Input Multiple Output“ (MIMO) Systemen</li><li>• Übertragungsverhalten von Totzeitgliedern</li><li>• Analyse von Blockschaltbildern</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> 2 SWS Vorlesung und 1 SWS Übung; (WS); (5. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik I und II, Simulationstechnik
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Schriftliche Prüfung (K120) / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. A. Voigt, FVST



**Literaturhinweise:**

- [1] B.W. Bequette, *Process Dynamics*, Prentice Hall, New Jersey, 1998.
- [2] D.E. Seborg, T.F. Edgar, D.A. Mellichamp, *Process Dynamics and Control*, John Wiley & Sons, New York, 1989.
- [3] B.A. Ogunnaike, W.H. Ray, *Process Dynamics, Modeling and Control*, Oxford University Press, New York, 1994.



### 3.22. Regelungstechnik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Regelungstechnik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden besitzen einen ersten Einblick in die Analyse und Synthese kontinuierlicher Regelungssysteme. Über die mathematische Beschreibung durch Differentialgleichungen sind sie befähigt, zunächst die wesentlichen Eigenschaften linearer zeitinvarianter Systeme im Zeitbereich und anschließend im Frequenzbereich zu untersuchen. Die erreichte Zielkompetenz besteht darin, diese Methoden erfolgreich zur Analyse und dem Entwurf von Regelsystemen einzusetzen.
<b>Inhalt:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Einführung: Ziele und Wege der Regelungstechnik</li><li>2. Mathematische Modellierung dynamischer Systeme</li><li>3. Verhalten linearer zeitinvarianter Systeme</li><li>4. Beschreibung im Frequenzbereich</li><li>5. Laplace-Transformation und Übertragungsfunktion</li><li>6. Regelverfahren</li><li>7. Analyse und Entwurf von Regelkreisen</li></ol>
<b>Lehrform:</b> Vorlesung, Übung; (WS); (5. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik I-II
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 90 / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. R. Findeisen, FEIT
<b>Literaturhinweise:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>[1] J. Lunze: Regelungstechnik I, Systemtheoretische Grundlagen, Analyse und Entwurf einschleifiger Regelungen, Springer</li><li>[2] D. G. Luenberger: Introduction to Dynamic Systems, Theory, Models and Applications</li></ol>



### 3.23. Modellierung von Bioprozessen

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Modellierung von Bioprozessen
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Den Studierenden kennen die wesentlichen Grundlagen der mathematischen Modellierung biotechnologischer Prozesse, die im Rahmen von Forschung und industrieller Produktion eingesetzt werden. Die Studierenden sind in der Lage, Verfahren zur Lösung einfacher Differentialgleichungen, zur Ermittlung von Parametern aus experimentellen Daten und zur Beurteilung der Qualität der Modellanpassung anzuwenden. Die theoretischen Ansätze werden in einer begleitenden Rechnerübung vertieft. Basierend auf der Programmiersprache Matlab lernen die Studenten konkrete Aufgabenstellungen aus der Praxis in Einzel- oder Kleingruppenarbeit umzusetzen und in Form von lauffähigen Programmen zu dokumentieren.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Mathematische Modelle</li><li>• Massenbilanzen, Bilanzgleichungen, Bildungsraten, Eintrags- und Austragsterme</li><li>• Allgemeines Modell für einen einfachen Bioreaktor, Unstrukturierte und strukturierte Modelle</li><li>• Gleichungen für die Reaktionskinetik</li><li>• Allgemeine Grundlagen, Enzymkinetiken, Zellwachstum, Zellerhaltung, Zelltod</li><li>• Produktbildung, Substratverbrauch, Umgebungseffekte (Einführung: Regressionsanalyse)</li><li>• Lösung der Modellgleichungen</li><li>• Differentialgleichungen und Integrationsverfahren, Rand- und Anfangsbedingungen</li><li>• Stationäre und dynamische Modelle, Überprüfung eines Modells (Einführung: Gewöhnliche Differentialgleichungen / Numerische Integration)</li><li>• Bioprozesse</li><li>• Batch Kulturen, Kontinuierliche Kulturen, Fed-Batch Kulturen, Chemostaten mit Biomasse-Rückführung</li><li>• Transport über Phasengrenzen</li><li>• Kinetische Modelle für den Sauerstoffverbrauch, Bestimmung des <math>k_l \cdot a</math> und der Sauerstoff-Transportrate, Sauerstofflimitierung in Batch Prozessen</li><li>• Modellvalidierung</li><li>• Analyse der Residuen, Autokovarianz und Autokorrelation, Kreuzkovarianz und Kreuzkorrelation</li><li>• Parameterunsicherheiten und Modellauswahl</li><li>• Komplexe Modelle</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung; (WS); (7. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundlagenfächer des Bachelor
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS ; (42 h Präsenzzeit + 108 h Selbständiges Arbeiten)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Klausur (120 min) / Übungsschein / 5 CP





**Modulverantwortlicher:**

Prof. U. Reichl, FVST

**Lehrender:**

Prof. U. Reichl

**Literaturhinweise:**

Bailey, J.E. and Ollis, D.F. (1986): Biochemical engineering fundamentals, McGraw-Hill, second edition

Dunn, I.J. (1992): Biological reaction engineering. Principles, applications and modelling with PC simulation, Wiley VCH

Ingham, J., Dunn, J.I., Heinzle, E., Prenosil, J.E. (1992): Chemical engineering dynamics, Wiley VCH

Nielsen, J., Villadsen, J. and Gunnar, L. (2003): Bioreaction Engineering Principles, 2<sup>nd</sup> Ed. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York

Schuler, M.L., Kargi, F. (2006): Bioprocess Engineering, 2<sup>nd</sup> ed., Prentice Hall, New York.



### 3.24. Engineering Neuroscience

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Engineering Neuroscience
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Erwerb von Kenntnissen und Kompetenzen zu grundlegenden Problemen und Methoden der computergestützten Neurowissenschaften. Fähigkeit, theoretische Konzepte und Programme anzuwenden wie in der Vorlesung vermittelt. Fähigkeit, kleine Computerprogramme und Visualisierungen zu erstellen.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Biologische Motivation</li><li>• Feedforward Netzwerke</li><li>• Stabilität und Asymptotisches Lernverhalten</li><li>• Rekurrente Netzwerke</li><li>• Dichotomien als Bedeutungszuweisungen, Grenzen linearer Modelle</li><li>• Assoziatives Gedächtnis</li><li>• Exzitatorisch-inhibitorische Netzwerke</li><li>• Plastizität und Lernen</li><li>• Lernkapazität und Robustes Lernen</li><li>• Konditionierung und Verstärkung</li><li>• Lernen zeitlich verzögerter Belohnungen</li><li>• Strategien und Verhaltenskontrolle („actor-critic“)</li><li>• Generative und Klassifizierende Modelle</li><li>• Erwartungsmaximierung</li><li>• Prinzipielle und Unabhängige Komponentenanalyse</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übungen, Programmierungen; (SS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Erforderlich: Grundkenntnisse Analysis und lineare Algebra. Nützlich: Grundkenntnisse Programmieren
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Wöchentliche Aufgaben zur selbständigen Bearbeitung / K 120 / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. A. Wendemuth, FEIT / Prof. J. Braun, FNW
<b>Literaturhinweise:</b> Dayan and Abbott (2001) Theoretical Neuroscience, MIT Press



### 3.25. Bioinformatik

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Bioinformatik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Diese Vorlesung führt in Kürze in die Grundlagen der Molekularbiologie ein (Vorwissen in diesem Gebiet ist nicht nötig). Danach werden die wichtigsten Methoden für die Analyse von Gendaten eingeführt, wobei ein Fokus auf algorithmische Methoden zur Sequenzanalyse gelegt wird. Dieser Kurs befähigt einen erfolgreichen Teilnehmer, sowohl Standardmethoden zur Lösung von Sequence Alignment Problemen anzuwenden als auch eigene Algorithmen zu diesem Zweck zu entwickeln. Außerdem wird die Analyse von Standarddaten der Molekularbiologie, insbesondere von Sequenz- und Genexpressionsdaten, vermittelt.
<b>Inhalt:</b> Einführung in die Bioinformatik und die Molekularbiologie; Einführung in Datenbanken und speziell molekularbiologische Datenbanken; Algorithmen zur Sequenzanalyse; Heuristische Methoden für die Sequenzanalyse; Algorithmen zur Clusteranalyse; Expressionsdatenanalyse; Algorithmen zum Aufbau phylogentischer Bäume.
<b>Lehrformen:</b> Vorlesungen und selbständige Bearbeitung praktischer und theoretischer Übungsaufgaben; (SS); (6. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeiten: 2 SWS Vorlesung + 2 SWS Übung = 56h Selbstständiges Arbeiten: Bearbeitung von Übungsaufgaben; Nachbereitung der Vorlesung, Vorbereitung auf die Prüfung = 94h
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Schriftliche Prüfung 120 min / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. A. Nürnberger, FIN
<b>Literaturhinweise:</b> R. Merkl, S. Waak. Bioinformatik Interaktiv: Algorithmen und Praxis. Wiley-VHC, 2003. R. Rauhut. Bioinformatik: Sequenz-Struktur-Funktion. Wiley-VHC, 2001. D.E. Krane, M.L. Raymer. Fundamental Concepts of Bioinformatics. Pearson Education, 2003. J. Setubal, J. Meidanis. Introduction to Computational Molecular Biology. PWS Publishing Company, 1997. M. Lesk. Bioinformatik: Eine Einführung. Spektrum Akademischer Verlag, 2002. M. Lesk. Introduction to Bioinformatics. Oxford University Press, 2008.



### 3.26. Grundlagen der Systembiologie

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Grundlagen der Systembiologie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden sind in der Lage, sich in die Fragestellungen im Bereich der Systembiologie einzuarbeiten und Lösungsmöglichkeiten anzuwenden. Den Studierenden wird die Bedeutung interdisziplinärer Forschung auf dem Gebiet der Life-Sciences klar. Sie werden ein verbessertes Verständnis der in biologischen Systemen ablaufenden Vorgänge und Regulationsstrukturen erlangen. Die Studierenden kennen Regelkreisstrukturen und Netzwerk motive von Signalübertragungswegen in biologischen Systemen sowie deren Darstellung durch mathematische Modelle. Die Studierenden sind in der Lage, Methoden zur mathematischen Analyse von komplexen biochemischen Netzwerken anzuwenden und diese an konkreten Beispielen aus der laufenden Forschung zu reflektieren.
<b>Inhalt:</b> Einführung und Übersicht Forschungsfeld Systembiologie - Grundsätzliche Konzepte der Systembiologie - Analyse von Netzwerk motiven - Signaltransduktionssysteme - Regulation und Steuerung in zellulären Systemen und Organismen - Biochemische Methoden der Systembiologie
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung; (SS); (6. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundlagenmodule der Biochemie
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Klausur 120 min / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. F. Schaper, FNW
<b>Literaturhinweise:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• An introduction to systems biology - design principles, of biological circuits, Chapman &amp; Hall/CRC ISBN 1-58488-642-0</li><li>• Signal transduction BD Gomperts, IM Kramer, PER Tatham, 2nd Ed. Academic Press, ISBN 978-0-12-369441-6</li><li>• Biochemistry of Signal Transduction, G Krauss, 4th Ed. Wiley-VCH, ISBN 978-3-527-31397</li></ul>



### 3.27. Molekulare Immunologie

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Molekulare Immunologie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Aufbauend auf der Beherrschung der Grundprinzipien der Zellbiologie und Immunologie aus dem zweiten bzw. vierten Semester haben die Studenten Spezialkenntnisse auf dem Gebiet der molekularen Immunologie, einschließlich immunologischer Techniken. Sie verstehen komplexe immunologische Zusammenhänge, deren Mechanismen und wissenschaftliche Arbeitsweisen und sind fähig, Publikationen zur molekularen Immunologie zu analysieren und zu bewerten.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Molekulare Immunologie</li><li>• Immunantwort</li><li>• Signaltransduktion der Immunantwort</li><li>• Immunregulation</li><li>• Immunologische Techniken</li><li>• Immundefizienzen</li><li>• Tumormmunologie</li><li>• Autoimmunerkrankungen</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung; (SS); (6. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundlagen der Immunologie
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 28 Stunden, Selbststudium: 92 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 120 / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. B. Schraven, FME Lehrende: apl. Prof. U. Bommhardt
<b>Literaturhinweise:</b> Taschenatlas der Immunologie, Pezzutti, Ulrichs, Burmester, Thieme Verlag; Immunologie, Janeway, Travers, Walport, Shlomchik; Spektrum Gustav Fischer



### 3.28. Systemtheorie

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Systemtheorie / Regelungstechnik II
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten besitzen die Fähigkeit zur Analyse und Synthese linearer zeitinvarianter Systeme in Zustandsdarstellung. Sie verfügen über Fertigkeiten bei der mathematischen Behandlung linearer zeitinvarianter Systeme, die in der Übung gefestigt wurden.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Zustandsbeschreibung dynamischer Systeme (Signale, Zustandsbeschreibung, stationäre Lösungen, Linearisierung um stationäre Lösungen)</li><li>• Analyse linearer zeitinvarianter Systeme (Wechsel des Koordinatensystems, Stabilität, Steuerbarkeit, Beobachtbarkeit)</li><li>• Realisierungen und Minimalrealisierungen linearer zeitinvarianter Systeme (Eingrößensysteme, Mehrgrößensysteme, Kalman-Zerlegung)</li><li>• Reglersynthese für lineare zeitinvariante Systeme (Zustandsrückführung, Zustandsschätzung, Beobachter, Kalman-Filter, Zustandsschätzung im Regelkreis – das Separationsprinzip)</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung, (SS); (6. Semester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Einführung in die Systemtheorie
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS, Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 90 / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. R. Findeisen, FEIT
<b>Literaturhinweise:</b> [1] J. Lunze: Regelungstechnik II, Mehrgrößensysteme, Digitale Regelung, Springer [2] M. Horn, N. Dourdoumas: Regelungstechnik, Rechnergestützter Entwurf zeitkontinuierlicher und zeitdiskreter Regelkreise, Pearson Studium [3] G. Ludyk: Theoretische Regelungstechnik II, Zustandsrekonstruktion, optimale und nichtlineare Regelungssysteme, Springer



## 4. Bachelorstudiengang Biosystemtechnik, Wahlpflichtmodule

### 4.1. Bioinformatische und praktische Grundlagen der Genomik

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Bioinformatische und praktische Grundlagen der Genomik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Teilnehmer lernen an aktuellen wissenschaftlichen Fragestellungen ein Thema aus der Molekularbiologie professionell und zielgerichtet zu bearbeiten. Dies umfasst die Einarbeitung in die theoretischen Grundlagen mit Hilfe der relevanten Literatur, die Planung und Durchführung von Experimenten in der Molekularbiologie, die Auswertung der Daten und die Präsentation der Ergebnisse.
<b>Inhalt:</b> <u><i>In-silicio</i>-Analyse von DNA-Sequenzen und Experimental Design:</u> <ul style="list-style-type: none"><li>• Sequenzalignment</li><li>• Analyse von Leserahmen</li><li>• Analyse von SNP-Loci</li><li>• Design optimaler PCR-Primer</li><li>• Restriktionsfragmentanalyse</li><li>• Neu-Kombination von DNA-Fragmenten</li><li>• Entwurf von Klonierungsstrategien</li></ul> <u>Praktische Grundlagen der Genomik:</u> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ligation von DNA-Fragmenten</li><li>• Experimenteller Nachweis von genetischen Markern mittels Einzelnucleotid-Polymorphismen (SNP-Loci)</li><li>• Genexpressionsanalysen Multiplex-RT-PCR und quantitativer Kapillarelektrophorese</li></ul> <u>Professionelles Erstellen wissenschaftlicher Manuskripte:</u> <ul style="list-style-type: none"><li>• Diagramme mit dem Skript-gesteuerten Computerprogramm "gnuplot"</li><li>• Textsatzsystem „Tex“ und Makropaket „Latex“</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Vorlesung und Übung Regulationsbiologie
<b>Arbeitsaufwand:</b> 4 SWS; 56 h Präsenzzeit und 64 h Selbststudium
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Präsentation der Versuche / 4 CP /
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Dr. W. Marwan, Dr. M. Haas, Dr. A. Jungebloud, FNW



**Literaturhinweise:**

Genes IX, Benjamin Lewin

*EMBOSS: The European Molecular Biology Open Software Suite* (2000) Rice, P. Longden, I. and Bleasby, A. *Trends in Genetics* 16, (6) pp276—277





## 4.2. Biological Neuroscience

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Biological Neuroscience
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten erwerben Basiskenntnisse zu den grundlegenden Problemen und Methoden der theoretischen Neurowissenschaften. Die Studenten erwerben Fähigkeiten in der quantitativen Modellierung der elektrischen Eigenschaften des Neurons und der quantitativen Bestimmung des Informationsgehaltes neuronaler Aktivität. Darüber hinaus erwerben Studenten Grundkenntnisse der Matlab-Programmiersprache. Für Studierende mit geringen physikalischen und programmiertechnischen Vorkenntnissen werden zusätzliche Übungen angeboten.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Passive Membranen</li><li>• Aktive Membranen</li><li>• Analyse des Spikes im Phasenraum</li><li>• Kabelgleichung, dendritische Morphologie</li><li>• Rauschen in spikenden Neuronen</li><li>• Synaptische Funktion</li><li>• Synaptische Plastizität</li><li>• Tuningkurven und rezeptive Felder</li><li>• Quantifizierung von Verhalten und Wahrnehmung</li><li>• Populationscodes</li><li>• Fisher Information</li><li>• Shannon Information</li><li>• Statistik natürlicher Reize</li><li>• Neuronale Transferfunktionen und Reizstatistik</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übungen; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS: Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Wöchentliche Aufgaben zur selbstständigen Bearbeitung / K 120 / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. J. Braun, FNW
<b>Literaturhinweise:</b> Dayan & Abbot (2001) Theoretical Neuroscience, MIT Press.



### 4.3. Bioseparationen

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Bioseparationen
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden erkennen die Besonderheiten von Trennprozessen für biogene und bioaktive Stoffe. Sie sind in der Lage, Methoden zur Steigerung der Selektivität einzusetzen, kinetische Hemmungen zu identifizieren und Modellierungsmethoden kritisch zu nutzen. Auf dieser Basis können sie Trennprozesse einzeln auslegen sowie miteinander kombinieren, um Anforderungen hinsichtlich der Produktqualität, Prozesseffizienz und Wirtschaftlichkeit zu erfüllen.
<b>Inhalt</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Einleitung: Besonderheiten von biogenen bzw. bioaktiven Stoffen, Anforderungen an entsprechende Trennprozesse</li><li>2. Extraktion: Gleichgewichte und deren Manipulation, Auslegung von Extraktionsprozessen</li><li>3. Adsorption und Chromatographie: Fluid-Fest-Gleichgewicht, Einfluss des Gleichgewichts auf die Funktion von Trennsäulen</li><li>4. Adsorption und Chromatographie: Physikalische Ursachen der Dispersion, Dispersionsmodelle und ihre Auflösung im Zeit bzw. Laplace-Raum, empirische Auslegungsmethoden</li><li>5. Fällung und Kristallisation: Flüssig-Fest-Gleichgewicht, Methoden zur Erzeugung von Übersättigung, Wachstum und Aggregation von Einzelpartikel und Populationen, diskontinuierliche und kontinuierliche Prozessführung</li><li>6. Trocknung: Grundlagen der Konvektions- und Kontakt-trocknung sowie der damit verbundenen thermischen Beanspruchung</li><li>7. Vakuumkontakt-trocknung, Gefriertrocknung</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung; (SS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine.
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> M / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. E. Tsotsas, FVST <b>Lehrender:</b> Dr.-Ing. A. Kharaghani
<b>Literaturhinweise:</b> Eigene Notizen zum Download; Garcia et al.: Bioseparation process science (Blackwell); Harrison et al.: Bioseparations science and engineering (Oxford University Press).



#### 4.4. Distributed Parameter Systems (Systeme mit verteilten Parametern)

<b>Course:</b> Selective module for the bachelor course Biosystemtechnik
<b>Module:</b> Distributed Parameter Systems (Systeme mit verteilten Parametern)
<b>Objectives:</b> The course deals with distributed parameter systems in applied sciences, in particular with systems that can be modeled by partial differential equations (PDEs). The students will learn the fundamental approaches to first and second order equations describing physico-chemical/biological processes or systems from electrical engineering and process engineering.
<b>Contents:</b> Derivation of the fundamental partial differential equations (continuum mechanics) Conservation laws (first order equations and the method of characteristics) Heat, wave and potential equations (linear 2nd order equations, Sturm-Liouville problems and eigenfunction expansions) Integral transforms (Fourier and Laplace transformation) Some aspects of nonlinear reaction diffusion equations
<b>Teaching:</b> lectures and seminars (exercise sessions); (summer semester)  Note: A continuation, called <i>PDEs in natural sciences and technics</i> , of the course may be considered.
<b>Prerequisites:</b> Requirements: the basic math-courses for 4th/6th semester engineering students
<b>Workload:</b> 2 hours per week class + 2 hours per week seminar (56h) plus self-study (94h)
<b>Examination/Credits:</b> Exam: written (maybe oral) / 5 CP
<b>Responsible lecture:</b> Prof. D. Flockerzi, FEIT
<b>Literature:</b> Betounes D.: Partial Differential Equations for Computational Sciences, Telos 1998 Farlow S.J.: Partial Differential Equations for Scientists and Engineers, Dover 1993 Flockerzi D.: Scriptum, 2011



#### 4.5. Einführung in die medizinische Bildgebung

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Einführung in die medizinische Bildgebung
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> In dieser Veranstaltung wird eine Übersicht über die Modalitäten der modernen medizinischen Bildgebung gegeben. Folgende Ziele und Kompetenzen werden vermittelt: <ul style="list-style-type: none"><li>○ die Studierenden können die wichtigsten Modalitäten (Verfahren) unterscheiden und ihre medizinischen Einsatzgebiete (medizinischen Fragestellungen) angeben,</li><li>○ sie haben ein Grundverständnis für die prinzipielle Funktionsweise aller Modalitäten</li><li>○ und können daraus die wichtigsten Vor- und Nachteile herleiten sowie die technischen Herausforderungen herausstellen,</li><li>○ auf der Basis des Grundverständnis können sie die Eignung einer Modalität für eine medizinische Untersuchung mit der Abwägung der Vor- und Nachteile für den Arzt und Patienten benennen.</li></ul>
<b>Inhalt</b> Bildgebung ist heutzutage eine der wichtigsten medizinischen Diagnostikformen. Die Wahl der richtigen Modalität (Bildgebungsart) mit Abwägung der Vor- und Nachteile sowie die Einstellung der optimalen Parameter stellt eine zentrale Aufgabe dar. In dieser Veranstaltung wird eine Übersicht über die Modalitäten der modernen medizinischen Bildgebung gegeben. Dabei wird das Prinzip, die Funktionsweise sowie die wichtigsten medizinischen Anwendungen vorgestellt und die Vor- und Nachteile bezüglich der Bildqualität und Risiken für den Patienten aber auch den Arzt diskutiert. Inhalte: <ul style="list-style-type: none"><li>○ Physikalische Grundlagen</li><li>○ Röntgendurchleuchtung</li><li>○ Computertomographie (CT)</li><li>○ Nukleare medizinische Bildgebung (Szintigraphie, PET, SPECT)</li><li>○ Kernspintomographie (MRT)</li><li>○ Ultraschall-Bildgebung</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übungen; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundlagenfächer des Bachelor
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS; (42 h Präsenzzeit + 108 h selbständiges Arbeiten)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Klausur (90 min) / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Ch. Hoeschen, FEIT <b>Lehrende:</b> Prof. Ch. Hoeschen und Mitarbeiter



**Literaturhinweise:**

- H. Morneburg (Hrsg.): Bildgebende Systeme für die medizinische Diagnostik, 3. Aufl., Publicis MCD Verlag, 1995
- O. Dössel: Bildgebende Verfahren in der Medizin, Springer, 2000
- R. Berger: Moderne bildgebende Verfahren der medizinischen Diagnostik – Ein Weg zu interessanterem Physikunterricht. Studien zum Physiklernen. Band 11
- Ed. S. Webb: The Physics of Medical Imaging, Adam Hilger, Bristol, 1988



#### 4.6. Environmental Biotechnology

<b>Course:</b> Selective module for the bachelor course Biosystemtechnik
<b>Module:</b> Environmental Biotechnology
<b>Objectives:</b> The students have a deeper understanding in microbiological fundamentals. They are able to characterize the industrial processes of the biological waste gas and biogenic waste treatment and the corresponding reactors and plants. They know the fundamentals of the reactor and plant design. They realise the potential of biotechnological processes for the environmental engineering, for more sustainable industrial processes or for the substitution of chemical reactions.
<b>Contents:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Biological Fundamentals (structure and function of cells, energy metabolism, turnover/degradation of environmental pollutants)</li><li>• Biological Waste Gas Treatment (Biofilters, Bioscrubbers, Trickle Bed Reactors)</li><li>• Biological Treatment of Wastes (Composting, Anaerobic Digestion)</li><li>• Bioremediation of Soil and Groundwater</li><li>• Prospects of Biotechnological Processes – Benefits for the Environment</li></ul>
<b>Teaching:</b> Lectures/Presentation, script, company visit; (winter semester)
<b>Prerequisites:</b> fundamentals of process engineering
<b>Workload:</b> Lectures: 28 h (2 hours per week), Private studies: 62 h
<b>Examination/Credits:</b> Written (90 min.) / 3 CP
<b>Responsible lecturer:</b> Dr. D. Benndorf, FVST
<b>Literature:</b> M. Moo-Young, W. A. Anderson, A. M. Chakrabarty (Eds.): Environmental Biotechnology: Principles and Applications; Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London 1996, another literature in the lecture



#### 4.7. Forschung unter Weltraumbedingungen

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Forschung unter Weltraumbedingungen
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten haben grundlegende Kenntnisse über die Bedingungen biomedizinischer Missionen und Experimente im Weltraum und unter Schwerelosigkeitsbedingungen erworben, verstehen die wichtigsten Grundlagen der Wechselwirkungen der Weltraumumgebung mit Raumfahrzeugen und Mensch, kennen Forschungsmöglichkeiten unter Weltraumbedingungen, insbesondere auf der Internationale Raumstation ISS und haben Grundkenntnisse zu prioritären Forschungsfeldern der Weltraummedizin und Gravitationsbiologie. Die Studenten haben wesentliche Grundkenntnisse an der Schnittstelle zwischen Raumfahrttechnologie und Biomedizin erworben und diese auf einem ausgewählten Spezialgebiet auf der Basis von wissenschaftlicher Originalliteratur vertieft.
<b>Inhalt:</b> Umgebung Weltraum (Sonnensystem, Weltraumhintergrund, Atmosphäre, Magnetfeld, Strahlung, Van-Allen-Belt), Grundlagen der Missionsplanung, Wechselwirkungen der Weltraumumgebung mit Raumfahrzeugen, Wirkungen der Weltraumumgebung auf den Menschen (Immunsystem, Muskuloskeletales System, Herz-Kreislaufsystem, Psychologie, Astronautenauswahl und -training), Forschung unter Weltraumbedingungen (Bodengestützte Simulationen, Parabelflüge, Höhenforschungsraketen, Forschungssatelliten, ISS)
<b>Lehrformen:</b> Vorlesungen, Seminar und selbständige Anfertigung einer Belegarbeit; (SS, WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeiten: Vorlesung und Seminar = 42h Selbstständiges Arbeiten: Bearbeitung von Übungsaufgaben, Nachbereitung der Vorlesung, Vorbereitung auf die Prüfung = 78h Belegarbeit = 60 min
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Schriftliche Prüfung (K 90) / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr.-Ing. R. Träger, FMB Prof. O. Ullrich, (externer Lehrbeauftragter, Uni Zürich)
<b>Literaturhinweise:</b> Handbuch der Raumfahrttechnik, Wilfried Ley (Herausgeber), Klaus Wittmann (Herausgeber), Willi Hallmann (Herausgeber), Carl Hanser Verlag GmbH & CO. KG



#### 4.8. Grundlagen der Informatik für Ingenieure

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Grundlagen der Informatik für Ingenieure
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Erfolgreiche Teilnehmer dieses Moduls sind in der Lage, Computer zur Unterstützung von ingenieurtechnischen Anwendungsaufgaben einzusetzen. Sie verstehen Begriffe der Informatik und sind befähigt Methoden einzusetzen, um Software im Umfeld ingenieurtechnischer Problemstellungen zu entwickeln. Dabei stehen das Kennenlernen der frühen Phasen der Softwareentwicklung wie Algorithmenentwurf und Modellierung, Programmierung und Testung im Mittelpunkt. Darüber hinaus sollen die Studierenden Kompetenzen erwerben, um im weiteren Studium systematisch Techniken der Informatik erschließen zu können.
<b>Inhalt:</b> Grundbegriffe der Informatik, Algorithmierung und Programmierung, Grundsätzliches zum Programmieren in C++, Objektorientierte Programmierung in C++, Grundlagen der technischen Informatik
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übungen am Computer; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeiten: 42 h 2 SWS wöchentliche Vorlesung 1 SWS 14tägliche Übung Selbstständiges Arbeiten: 78 h Vor- und Nacharbeiten der Vorlesung Lösung der Übungsaufgaben Prüfungsvorbereitung
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Schriftliche Prüfung GIF am Ende des Moduls / Zulassungsbedingung: Übungsschein / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr.-Ing. E. Schallehn, FIN
<b>Literaturhinweise:</b> Grundlagen der Informatik für Ingenieure Einführung in die Programmierung mit C / C++ Von: Paul, Georg / Hollatz, Meike / Jesko, Dirk / Mähne, Torsten B.G. Teubner Verlag ISBN: 3-519-00428-3





#### 4.9. Literaturseminar Bioprocess Engineering

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Literaturseminar Bioprocess Engineering
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Das Literaturseminar fordert Studenten heraus, sich mit aktuellen Veröffentlichungen aus dem Bereich Bioprozesstechnik auseinanderzusetzen. Bei der Vorstellung der Veröffentlichungen im Seminar durch die Studenten wird neben dem Inhalt der Artikel vor allem auch auf die Präsentationstechnik der Studenten geachtet. Die Diskussion der wissenschaftlichen Inhalte geschieht besonders unter dem Aspekt, Studenten im Lesen und Beurteilen von Veröffentlichungen zu schulen und anhand positiver Beispiele Anregungen für das Verfassen eigener wissenschaftlicher Arbeiten zu sammeln.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Lesen wissenschaftlicher Artikel aus dem Bereich Bioprozesstechnik</li><li>- Halten einer englischsprachigen Präsentation über eine Veröffentlichung von jedem Teilnehmer</li><li>- Schulung des Präsentationstils</li><li>- Diskussion über und inhaltliche Beurteilung der Veröffentlichungen</li><li>- Vermittlung von Kenntnissen zum Schreiben wissenschaftlicher Arbeiten</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Seminar; (SS, WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Natur- und ingenieurwissenschaftliche Grundlagenfächer
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 28 Stunden, Selbststudium: 62 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Anwesenheit und 1 Seminarvortrag / Benotung: Mitarbeit im Seminar (30%) und Seminarvortrag (70%) / 3 CP
<b>Modulverantwortliche:</b> Dr. D. Benndorf, FVST <b>weitere Lehrende:</b>
<b>Literaturhinweise:</b> Als Literatur werden von Mitarbeitern des Lehrstuhls Bioprozesstechnik aktuelle Publikationen aus dem Forschungsgebiet vorgeschlagen und für die Lehrveranstaltung zur Verfügung gestellt.



#### 4.10. Numerik für Ingenieure

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Numerik für Ingenieure
<b>Ziele und Kompetenzen:</b> Das Modul dient dem Erwerb mathematischer Fähigkeiten und Grundkenntnisse zum Einsatz numerischer Verfahren in technischen Anwendungen. Die Studenten können einfache numerische Verfahren aus den behandelten Gebieten programmieren und anwenden. Die Studierenden erkennen die grundlegenden Fehler und Probleme bei der Anwendung numerischer Verfahren.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Probleme der Gleitkommarechnung</li><li>• Lösung linearer und nichtlinearer Gleichungssysteme (direkte und iterative Verfahren)</li><li>• Ausgleichsrechnung (überbestimmte lineare Systeme)</li><li>• Polynomiale Interpolation, Spline-Interpolation</li><li>• Numerische Intergration (interpolatorische Quadratur, Extrapolation)</li><li>• Anfangswertaufgaben für gewöhnliche Differentialgleichungen (Einschnittverfahren, Stabilität, Steifheit, Schrittweitensteuerung)</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung 2V, Übung 2Ü; (SS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik I-III
<b>Arbeitsaufwand:</b> Vorlesung und Übung: 56 Std., Selbststudium: 124 Std.
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> 6 CP
<b>Modulverantwortliche:</b> Prof. G. Warnecke, Prof. F. Schieweck, apl. Prof. M. Kunik, FMA <b>weitere Lehrende:</b> Prof. F. Schieweck, apl. Prof. M. Kunik
<b>Literaturhinweise:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- M. Bollhöfer and V. Mehrmann. Numerische Mathematik: Eine projektorientierte Einführung für Ingenieure, Mathematiker und Naturwissenschaftler. Vieweg + Teubner, 2004</li><li>- G. Hämmerlin and K.-H. Homann. Numerische Mathematik. Springer, 1994</li><li>- K. Hoellig. Grundlagen der Numerik. Zavelstein: MathText, 1998</li><li>- M. Knorrenschild. Numerische Mathematik: Eine beispielorientierte Einführung. Fachbuchverlag Leipzig im Carl-Hanser-Verlag, 2005</li><li>- R. Plato. Numerische Mathematik kompakt. Friedr. Vieweg &amp; Sohn Verlag j GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2006. Online über Uni-Bibliothek verfügbar</li><li>- A. Quarteroni and F. Saleri. Scientific Computing with MATLAB and Octave. Springer, 2006. Online</li></ul>



über Uni-Bibliothek verfügbar

- J. Stoer and R. Bulirsch. Numerische Mathematik, Teil 2. Springer, 1990
- J. Stoer and R. Bulirsch. Numerische Mathematik 1. Springer, 2007. Online über Uni-Bibliothek verfügbar
- Schaback and Werner. Numerische Mathematik. Springer, 1992



#### 4.11. Modeling and Analysis in Systems Biology

**Course:**

Selective module for the bachelor course Biosystemtechnik

**Module:**

Modeling and Analysis in Systems Biology

**Objectives:**

This module provided an introduction to the general concepts of Systems Biology, a motivation for quantitative and dynamical approaches in biology. It furthermore described the role of mathematical modeling. The main focus was on a systems view on cell-biological and molecular systems, their mathematical modeling, and their analysis.

**Contents:**

- Systems Biology
- Why modeling and analysis?
- Basic biological principles
- Modeling Biological systems
- Cell Chemistry Cell Signalling
- Biochemical Reaction Kinetics
- Enzyme Kinetics
- Dynamic modelling of biochemical networks
- Stochastic Modelling and Simulation
- A systems view on Metabolic control analysis
- Computer exercises:

**Teaching:**

Lectures, Seminars; (winter semester)

**Prerequisites:**

Basic knowledge of der Regelungstechnik and Systemtheorie

**Workload:**

3 hours per week / 5 Credit Points = 120 h (42 h lecture and seminars + 108 h private studies)

**Examination/Credits:**

Writing exam (90 min) / 5 CP

**Responsible lecture:**

Prof. R. Findeisen, FEIT

**Literature:**

- [1] E. Klipp, R. Herwig, A. Kowald, C. Wierling, H. Lehrach: Systems Biology in Practice, Concepts, Implementation and Application, Wiley-VCH
- [2] R. Heinrich, S. Schuster: The Regulation of Cellular Systems, Chapman & Hall
- [3] G. de Vries, T. Hillen, M. Lewis, H. Müller, B. Schönfisch: A Course in Mathematical Biology, Quantitative Modeling with Mathematical and Computational Methods, siam



#### 4.12. Molekulare Medizin

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Molekulare Medizin
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Am Ende des Moduls besitzen die Studenten grundlegende Kenntnisse zum Design wissenschaftlicher Fragestellungen in der biomedizinischen Forschung. Sie kennen Methoden, Strategien und Prinzipien zur experimentellen Untersuchung zellulärer Signalmechanismen. Die Studenten wissen wie in den Lebenswissenschaften die Qualität der wissenschaftlichen Arbeit (Forschung) gemessen bzw. bewertet wird.
<b>Inhalt:</b> Einführung in das Forschungsgebiet der Signalbiologie <ul style="list-style-type: none"><li>• Studium der Originalliteratur</li><li>• Biochemische, molekularbiologische Techniken</li><li>• Analyse von Forschungsergebnissen</li><li>• Kritische Wertung von Forschungsergebnissen</li><li>• Biomedizinische Relevanz</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung; (SS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundkenntnisse der molekularen Zellbiologie
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 Stunden Selbststudium, Vorbereitung auf die Prüfung: 108 Stunden V; 2 SWS / Ü; 1 SWS
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Klausur 120 min / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. M. Naumann, FME
<b>Literaturhinweise:</b> Alberts et al. „Lehrbuch der molekularen Zellbiologie“



#### 4.13. Neuroethology

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Neuroethology
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten erhalten grundlegende Kenntnisse über komplexe tierische Verhaltensweisen und deren neurobiologische Grundlagen. Sie erlangen exemplarisch Kenntnisse in forschungsrelevanten Themen und Methoden der vergleichenden Kognitionsforschung (Biologische Kognition).
<b>Inhalte:</b> Der Kursinhalt wechselt von Jahr zu Jahr. Die Elektrorezeption von Fischen, Richtungshören von Eulen, Echolokation von Fledermäusen und Delphinen, Gesangslernen von Singvögeln, Navigation bei Ratten, Nahrungsspeicherung von Vögeln, Raumkognition bei Primaten, Kommunikation von Primaten, Theory of Mind bei Primaten gehören zu möglichen Themen.
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (2 SWS); (WS), Die Veranstaltungen wird in englischer Sprache abgehalten.
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Arbeitsaufwand</b> Präsenzzeiten: 2 SWS (28 Std.), Lernzeiten: 62 Std.
<b>Leistungsnachweise/Prüfungsformen/Credits:</b> Vorlesung: Klausur 120 min (K120) / 3 CP
<b>Modulverantwortlich:</b> Prof. J. Braun, FNW
<b>Dozenten:</b> Prof. H. Scheich, Prof. A. Schönfeld, Prof. P. Heil, sowie weitere, vornehmlich auswärtige Dozenten.
<b>Literaturhinweise:</b> H.H.Hughes (1999) Sensory Exotica, MIT, Bradford Book



#### 4.14. Prinzipien der Wirkstoffforschung

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik

**Modul:**

Prinzipien der Wirkstoffforschung

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

- Die Teilnehmer erkennen Target-Wirkstoff-Wechselwirkungen (z. B. Schlüssel-Schloss-Prinzip) und leiten daraus das weitere Vorgehen für die Wirkstoffsynthese ab.
- Die Studierenden können mit Hilfe des Bioisosterie-Konzepts und des Homologie-Prinzips ausgehend von vorgegebenen Leitstrukturen die Optimierung von Wirkstoffen bzgl. ihrer Wirkstärke durchführen.
- Sie sind in der Lage, durch Anwendung z. B. des Topliss-Schemas und dem Grimm'schen Hybrid-Verschiebungs-Satz und unter Berücksichtigung physiko-chemischer Parameter von Substituenten unter Zuhilfenahme von Regressionsanalysen die Eigenschaften von Wirkstoffen (z. B. Membranpermeabilität und Systemizität) zu beeinflussen.
- Die Studierenden können aufgrund der Kenntnisse metabolischer Abbauprozesse stabilisierende Substituentenmuster (z. B. Einführung von Fluor) in Wirkstoffen gezielt planen.
- Die Studierenden wissen, wie neue Wirkstoffe und chemische Verfahrensprozesse patentrechtlich geschützt werden können.

**Inhalt:**

- Definition von Wirkstoffen, Wirkstoffe im Alltag
- Geschichtliche Entwicklung der Pharma- und Pflanzenschutzforschung
- Schlüssel-Schloss-Prinzip, Toxizität von Wirkstoffen, Patente/Geistiges Eigentum, Resistenz
- Saferer Technologie, Systemizität (Xylem- und Phloemmobilität) und Saatgutbehandlung
- Pharmakodynamik vs. Pharmakokinetik, Agrokinetik (ADME, Lipinsky Regel, Briggs Regel)
- Einfluss physiko-chemischer Parameter auf die Aktivität und Verteilung von Wirkstoffen
- Dosis-Wirkungs-Beziehung, Therapeutische Breite, Agonisten und Antagonisten, Toxizität
- Quellen für Ideen zur Auffindung neuer Wirkstoffe
- Wirkstoff-Target-Wechselwirkungen, Wirkstoff-Protein-Komplexe
- Strategien für die gezielte Optimierung von Leitstrukturen: Bioisosteriekonzept, Hybridverschiebungssatz, Homologie-Prinzip, Ringtransformationen
- Optische Isomerie in Arzneimitteln, Chirale Pflanzenschutzmittel
- Twin Drugs und Dual Acting Drugs, Symmetrie in der Natur
- Anwendungsregeln für die Wirkstoffoptimierung: Minor Modifications Rule, Structural Logic Rule, Wahl der Substituenten, Hammett- und Hansch-Fujita-Konstante, Taft-Faktor, Molare Refraktivität, Hansch Analyse, Regressions-Analyse, Topliss-Verfahren
- Der SOSA Approach
- Metabolismus: Phase I- und Phase II-Reaktionen, Radioaktiv-markierte Synthesen
- Prodrug Prinzip
- Formulier- und Verfahrenswegeforschung, Prozessentwicklung

**Lehrformen:**

Vorlesung, Exkursion; (WS)



**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Grundkenntnisse der organischen Chemie

**Arbeitsaufwand:**

2,5 SWS, Präsenzzeiten: 35 Stunden; Selbststudium: 92 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Teilnahmebestätigung und/oder mündliche Prüfung (auf Wunsch) / 4 CP (Die CPs werden nur bei Bestehen der Prüfung vergeben.)

**Modulverantwortlicher**

Hon.-Prof. E. R. F. Gesing, FVST

**Literaturhinweise:**

G. L. Patrick, *An Introduction to Medicinal Chemistry*, Oxford University Press (2005); C. G. Wermuth, *The Practice of Medicinal Chemistry*, Academic Press (2008); G. Klebe, *Wirkstoffdesign*, Spektrum (2009) und Primärliteraturangaben im *Skript* angegeben.





#### 4.15. Prozessdynamik II

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Prozessdynamik II
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden sind in der Lage, grundlegende Phänomene der nichtlinearen Prozessdynamik wie mehrfache stationäre Zustände, Grenzzyklen oder deterministisches Chaos zu verstehen und mit Hilfe geeigneter mathematischer Modelle zu analysieren.
<b>Inhalt:</b> Es werden grundlegende Konzepte zur theoretischen Analyse nichtlinearer Systeme vermittelt und erläutert. Zu nennen sind hier insbesondere die Analyse im Zustandsraum mit Hilfe von Phasenporträts sowie eine elementare Einführung in die Stabilitäts- und Bifurkationstheorie. Die Konzepte werden an Hand von einfachen mechanischen, chemischen und biologischen Systemen illustriert.
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übungen; (SS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematische Grundlagen, Einführung in die Systemtheorie, Prozessdynamik I
<b>Arbeitsaufwand:</b> (42h Präsenzzeit + 108h selbstständige Arbeit) Präsenzzeiten Vorlesung: wöchentlich 2h (2 SWS) Übungen: 14-täglich 2h (1 SWS) selbstständiges Arbeiten Nacharbeiten der Vorlesungen, Lösung der Übungsaufgaben und Prüfungsvorbereitung
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Schriftliche Prüfung am Ende des Moduls / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. A. Kienle, FEIT
<b>Literaturhinweise:</b> Anwendungen 1) Bequette, B.W.: Process Dynamics – Modeling, Analysis and Simulation. Prentice Hall PTR, New Jersey, 1998. 2) Thomson, J.M.T. und Stewart, H.B.: Nonlinear Dynamics and Chaos. John Wiley & Sons, New York, 2002 (2. Auflage). 3) Edelstein-Keshet, L.: Mathematical Models in Biology. Birkhäuser Mathematics Series, Mc Graw Hill, Boston, 1988.



#### 4.16. Reaktionstechnik

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik

**Modul:**

Reaktionstechnik

**Ziele des Moduls:**

Die Studenten

- haben ein physikalisches Grundverständnis wesentlicher Prozesse der chemischen Verfahrenstechnik insbesondere der Reaktionstechnik erworben
- sind in der Lage, chemische Reaktionen zu analysieren, z.B. Schlüsselkomponenten und Schlüsselreaktionen herauszuarbeiten
- können sichere Aussagen zum Fortschreiten von Reaktionen in Abhängigkeit der Prozessbedingungen und zur Ausbeute sowie Selektivität gewünschter Produkte treffen und sind somit befähigt einen geeigneten Reaktortyp auswählen
- haben die Kompetenz, Reaktionen unter komplexen Aspekten, wie Thermodynamik, Kinetik und Katalyse zu bewerten
- sind im Umgang mit Rechenmodellen gefestigt und damit in der Lage einen BR, CSTR oder PFTR verfahrenstechnisch auszulegen bzw. stofflich und energetisch zu bewerten

**Inhalt:**

1. Stöchiometrie chemischer Reaktionen
  - Schlüsselkomponenten
  - Bestimmung der Schlüsselreaktionen
  - Fortschrittsgrade
  - Ausbeute und Selektivität
2. Chemische Thermodynamik
  - Reaktionsenthalpie
  - Berechnung der Reaktionsenthalpie
  - Temperatur- Druckabhängigkeit
  - Chemisches Gleichgewicht
  - Berechnung der freien Standardreaktionsenthalpie
  - Die Gleichgewichtskonstante  $K_p$  und ihre Temperaturabhängigkeit
  - Einfluss des Drucks auf die Lage des Gleichgewichts
  - Regeln zur Gleichgewichtslage
3. Kinetik
  - Reaktionsgeschwindigkeit
  - Beschreibung der Reaktionsgeschwindigkeit
  - Zeitgesetze einfacher Reaktionen
  - Ermittlung kinetischer Parameter
  - Differentialmethode
  - Integralmethode
  - Kinetik heterogen katalysierter Reaktionen
  - Prinzipien und Beispiel
  - Adsorption und Chemiesorption
  - Langmuir-Hinshelwood-Kinetik
  - Temperaturabhängigkeit heterogen katalysierter Reaktionen
4. Stofftransport bei der heterogenen Katalyse
  - allgemeine Grundlagen
  - Diffusion in porösen Systemen
  - Porendiffusion und Reaktion



- Filmdiffusion und Reaktion
- Gas-Flüssig-Reaktionen
- Dreiphasen-Reaktionen
- 5. Berechnung chemischer Reaktoren
  - Formen und Reaktionsführung und Reaktoren
  - Allgemeine Stoffbilanz
  - Isotherme Reaktoren
  - Idealer Rührkessel (BR)
  - Ideales Strömungsrohr (PFTR)
  - Idealer Durchflussrührkessel (CSTR)
  - Vergleich der Idealreaktoren und Auslegungshinweise
  - Rührkesselkaskade
  - Mehrphasen-Reaktoren
- 6. Wärmebilanz chemischer Reaktoren
  - Allgemeine Wärmebilanz
  - Der gekühlte CSTR
  - Stabilitätsprobleme
  - Qualitative Ergebnisse für andere Reaktoren
  - Verweilzeitverhalten chemischer Reaktoren
  - Messung und Beschreibung des Verweilzeitverhaltens
  - Verweilzeitverteilung für einfache Modelle
  - Umsatzberechnung für Realreaktoren
  - Kaskadenmodell
  - Dispersionsmodell
  - Segregationsmodell
  - Selektivitätsprobleme
- 7. Stoffliche Aspekte der Chemischen Verfahrenstechnik
  - Bedeutung der chemischen Industrie und Rohstoffversorgung
  - Erdölkonversion und petrochemische Grundstoffe
  - Steam-Cracken von Kohlenwasserstoffen
  - Chemische Produkte und Produktstammbäume

**Lehrformen:**

Vorlesung, Übung; (SS)

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Chemie

**Arbeitsaufwand:**

Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

K 120 / 5 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. A. Seidel-Morgenstern, FVST

**weitere Lehrende:**

Prof. Ch. Hamel



**Literaturhinweise:**

- M. Baerns, H. Hofmann, A. Renken, Chemische Reaktionstechnik Wiley-VCH, 1999
- G. Emig, E. Klemm Technische Chemie: Einführung in die Chemische Reaktionstechnik Springer, 2005
- O. Levenspiel Chemical Reaction Engineering Wiley, 1999
- S. Fogler Elements of Chemical Reaction Engineering Prentice Hall International, 2004



#### 4.17. Strukturelle und funktionale Analyse von zellulären Netzwerken

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Strukturelle und funktionale Analyse von zellulären Netzwerken (WPF)
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten beherrschen verschiedene theoretische Ansätze und Methoden zur strukturellen und qualitativen Modellierung und Analyse zellulärer Netzwerke. Die Studenten haben ein allgemeines Verständnis für den strukturellen Aufbau und die Arbeitsweise unterschiedlicher Klassen von biochemischen Netzwerken (z.B. Stoffwechsel und Signaltransduktion) und können mit verschiedenen Methoden für die rechnergestützte Analyse dieser Netzwerke umgehen. Die Verfahren kommen hauptsächlich aus dem Bereich der diskreten Mathematik (z.B. Graphen- und Hypergraphentheorie, Boolesche Netzwerke) und der linearen Algebra. Die Studenten wenden die theoretischen Methoden in Übungen mithilfe eines Softwarepakets und am Beispiel von konkreten biologischen Beispielen an. Die Teilnehmer sind in der Lage, interdisziplinär (systembiologisch) zu denken und haben ein gefestigtes Verständnis für netzwerkweite Prozesse in der Zelle. Außerdem können sie mit grundlegenden Methoden zur Bestimmung strategischer Eingriffe und zur Rekonstruktion zellulärer Netzwerke umgehen.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Einführung: zelluläre Netzwerke, Stoffflüsse und Signalflüsse, Datenbanken</li><li>• Graphentheorie: Grundbegriffe, statistische Netzwerkanalyse, Netzwerk motive</li><li>• Metabolische Netzwerkanalyse: Erhaltungsrelationen, Stoffflussverteilungen, Fluskegel, Elementarmoden, Minimal Cut Sets</li><li>• Modellierung von regulatorischen und Signaltransduktionsnetzen mittels Interaktionsgraphen und logischen Netzwerken: Feedback loops, cut sets, Abhängigkeitsmatrix, qualitatives Ein/Ausgangsverhalten, Minimale Interventionsmengen</li><li>• Zusammenhänge zwischen Netzstruktur und qualitativer Dynamik:</li><li>• Einführung in Methoden der Netzwerkrekonstruktion</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung; (SS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundverständnis für Molekularbiologie und Modellierung biologischer Systeme. Grundlagen in linearer Algebra
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS (42 h Präsenzzeit und 108 h selbständiges Arbeiten)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Teilnahme an Übungen / Schriftliche Prüfung (Klausur) / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. St. Klamt, MPI Magdeburg



**Literaturhinweise:**

Z. Szallasi, V. Periwal and J. Stelling (eds): *System Modeling in Cellular Biology: From Concepts to Nuts and Bolts*, MIT Press, Cambridge, MA, 125-148, 2006.

R. Thomas and R. D'Ari: *Biological Feedback*. CRC Press, Boca Raton, 1990.

B. Palsson: *Systems Biology - Properties of Reconstructed Networks*. Cambridge University Press: 2006.

E. Klipp et al.: *Systems Biology: A Textbook*. Wiley-VCH: 2009.

B. H. Junker and F. Schreiber: *Analysis of Biological Networks*. Wiley-Interscience: 2008.



#### 4.18. Nichttechnische Fächer

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Nichttechnische Fächer
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden verstehen die Spielregeln des Berufslebens, soziale Kompetenzen und Teamarbeiten. Sie können Projekte und Zeit managen.
<b>Inhalt:</b> Vergleiche Katalog „Nichttechnische Fächer“
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Seminare, Projekte, Übungen
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 64 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Leistungsnachweise / 4 CP
<b>Modulverantwortliche:</b> Vergleiche Katalog „Nichttechnische Fächer“



#### 4.19. Industriepraktikum, Exkursion, Seminarvortrag

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Industriepraktikum, Exkursion, Seminarvortrag
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Im Industriepraktikum haben die Studierenden Erfahrungen zu Arbeitsverfahren, Arbeitsmitteln und Arbeitsprozessen gesammelt. Sie kennen organisatorische und soziale Verhältnisse der Praxis und haben ihre eigenen sozialen Kompetenzen trainiert. Sie können die Dauer von Arbeitsabläufen zeitlich abschätzen. Sie können die Komplexität von Arbeitsabläufen und die Stellung des Ingenieurs im Gesamtkontext einordnen. Durch die Exkursion haben die Studierenden einen Einblick in einen gesamten Verfahrensablauf erhalten und können die Größenordnung von Apparaten abschätzen. Durch den Seminarvortrag können die Studierenden Ergebnisse und Erkenntnisse einem Publikum präsentieren und diesbezügliche Fragen beantworten. Sie erhalten ein Feedback über die Art und Weise ihres Vortrages und dessen Verständlichkeit.
<b>Inhalt:</b> Das Industriepraktikum umfasst grundlegende Tätigkeiten und Kenntnisse zu Produktionstechnologien sowie Apparaten und Anlagen. Aus den nachfolgend genannten Gebieten sollen mindestens fünf im Praktikum in mehreren Abschnitten berücksichtigt werden. Das Praktikum kann in Betrieben stattfinden. <ul style="list-style-type: none"><li>- Energieerzeugung</li><li>- Behandlung von Feststoffen</li><li>- Behandlung von Fluiden</li><li>- Instandhaltung, Wartung und Reparatur</li><li>- Messen, Analysen, Prüfen, Qualitätskontrolle</li><li>- Entwicklung, Konstruktion, Arbeitsvorbereitung, Prozessanalyse</li><li>- Montage und Inbetriebnahme</li><li>- Bioprozess-, Pharma- und Umwelttechnik</li><li>- Gestaltung von Produkten</li><li>- Fertigungsplanung, Arbeitsvorbereitung, Auftragsabwicklung</li><li>- Fachrichtungsbezogene praktische Tätigkeit nach Absprache mit dem Praktikantenamt</li></ul> Für die Erarbeitung der Präsentation im Rahmen des Seminarvortrages werden fachübergreifende Themen angeboten, die die Zusammenführung der theoretischen Kenntnisse aus den Grundlagenmodulen und dem Wissen aus den fachspezifischen Gebieten fordert. Der Seminarvortrag umfasst eine eigenständige und vertiefte schriftliche Auseinandersetzung mit einem Problem aus dem Arbeitszusammenhang des jeweiligen Moduls unter Einbeziehung und Auswertung einschlägiger Literatur. In einem mündlichen Vortrag (mindestens 15 Minuten) mit anschließender Diskussion soll die Arbeit dargestellt und ihre Ergebnisse vermittelt werden. Die Ausarbeitungen müssen schriftlich vorliegen.
<b>Lehrformen:</b> Industriepraktikum, Exkursion (Organisation: Fachschaft, aber auch eigenverantwortlich Firmenbesichtigungen möglich), Seminarvortrag
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> 450 Stunden, 15 CP





**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Praktikumsbericht, Teilnahmebescheinigung, Seminarvortrag

**Modulverantwortlicher:**

Prof. U. Reichl (Prüfungsausschussvorsitzender)



#### 4.20. Bachelorarbeit

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Bachelor Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Bachelorarbeit
<b>Ziel des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten können innerhalb einer vorgegebenen Frist ein Problem unter Anleitung mit wissenschaftlichen Methoden bearbeiten. Bei erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden zudem in der Lage, selbst erarbeitete Problemlösungen strukturiert vorzutragen und zu verteidigen.
<b>Inhalt:</b> Themenstellungen zu aktuellen Forschungsvorhaben werden von den Professoren der am Studiengang beteiligten Fakultäten bekannt gegeben. Die Studierenden können sich ein Thema ihrer Neigung auswählen. Die Ausgabe des Themas ist im Prüfungsamt mit den Namen der Prüfenden aktenkundig zu machen. Im Kolloquium haben die Studierenden nachzuweisen, dass sie in der Lage sind, die Arbeitsergebnisse aus der wissenschaftlichen Bearbeitung eines Fachgebietes in einem Fachgespräch zu verteidigen. In dem Kolloquium sollen das Thema der Bachelorarbeit und die damit verbundenen Probleme und Erkenntnisse in einem Vortrag von max. 15 Minuten dargestellt und diesbezügliche Fragen beantwortet werden.
<b>Lehrform:</b> Problembearbeitung unter Anleitung mit Abschlussarbeit
<b>Voraussetzung für Teilnahme:</b> 150 CP
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 Monate
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Bachelorarbeit mit Kolloquium 15 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prüfungsausschussvorsitzender



## 5. Masterstudiengang Biosystemtechnik, Biologisch/medizinische Wahlpflichtmodule

### 5.1. Cell Culture Engineering

**Course:**

Selective module for the master course Biosystemtechnik

**Module:**

Cell Culture Engineering

**Objectives:**

Students participating in this course are getting an in depth insight into cell culture engineering with a focus on cultivation techniques for animal and human cells. They will learn relevant methods, background information on cell lines, media, assays, cultivation methods, mathematical models and regulatory requirements. Lectures are complemented with a practical training which enables students to grow mammalian cell lines, perform routine and advanced assays and perform validations for equipment and assays. Results obtained will be summarized in a report and presented in a seminar.

**Contents: Lecture**

- **Cell lines**
- Cell line derivation, Specific cell types, Cell banks, Culture collections
- **Cultivation**
- Culture environment, Solid substrates, Liquid substrates, Gas phase
- Cell culture systems, Physical process parameters
- **Cell growth, metabolism and product formation**
- Overview, Biochemistry of the cell
- **Mathematical modeling**
- Motivation, Unstructured models: An introduction to modeling
- Examples: Batch cultivation, Modeling cell growth and substrate consumption, Virus dynamics
- Gas balances for a bioprocess, Soluble carbon dioxide balance for a bioprocess
- **Manufacturing Processes**
- Overview, Viral vaccine production, Recombinant proteins, Antibodies
- **Regulatory Issues**
- Overview, Good Manufacturing Practice (GMP), Validation and Qualification,
- Equipment qualification, Assay validation
- **Laboratory course**
- Growth of adherent and suspension cells, Assay validation, Equipment qualification (Bioreactor, Filters),
- Modeling

**Teaching:**

Lecture and laboratory course; (winter semester)

**Prerequisites:**

Study courses of B. sc.: Biochemical Engineering, Modeling of Bioprocesses

**Workload:**

4 SWS (56 h lectures + 94 h self-dependent studies)



**Examinations/Credits:**

Oral examination, lab report / 5 CP

**Responsible module:**

Prof. U. Reichl, FVST

**Responsible lectures:**

Prof. U. Reichl / PD Dr. Y. Genzel

**Literature:**

**Clynes, M.** (1998) Animal cell culture techniques, Springer Lab Manual

**Doyle, A. and Griffith, J.B.** (1998) Cell and tissue culture: laboratory procedures in Biotechnology, John Wiley & Sons

**Freshney, M.G.** (2002) Culture of animal cells, a manual of basic techniques, 3<sup>rd</sup> ed., John Wiley & Sons, New Jersey

**Gregersen, J.P.** (1994) Research and development of vaccines and pharmaceuticals from biotechnology, VCH, Weinheim

**Hägström, L.** (2000) Cell metabolism, animal. in Encyclopedia of cell technology, ed. Stier R. Wiley & Sons, New York: 392-411

**Masters, J.R.W.** (2000): Animal cell culture, Oxford University Press, 3<sup>rd</sup> ed.

**Salway, J.G.** (1999) Metabolism at a glance, Blackwell Science, 2<sup>nd</sup> ed., Oxford

**Shaw, A.J.** (1966) Epithelial cell culture, a practical approach, IRL Press



## 5.2. Cellular Neurophysiology

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Cellular Neurophysiology (engl.)
<b>Ziele des Moduls:</b> Studierende beherrschen die zellulären Grundlagen moderner Neurowissenschaften, ausgehend von den beteiligten Biomolekülen und ihrer Funktion bis zu den Mechanismen der elektrischen Erregbarkeit von Nervenzellen sowie der Informationsübertragung zwischen Nervenzellen.
<b>Inhalte:</b> Erregbare Zellen, axonale Übertragung, synaptische Übertragung, dendritische Integration, intrazelluläre Signalketten, Neuromodulatoren und Hormone, Funktion und elektrische Eigenschaften von Gliazellen, verschiedene Möglichkeiten der Informationskodierung, Plastizität von Synapsen, zelluläre Mechanismen der Informationsspeicherung, Pathophysiologie von Nervenzellen, moderne Methoden der Neurophysiologie. Im Praktikum findet eine Einführung in elektronische Messtechnik und ein Versuch zur extrazellulären Ableitung an einem Schnittpräparat statt.
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (2 SWS), Praktikum (2 SWS), vertiefende Übung (1 SWS); (WS)
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> Jeweils im WS, Block (V+Ü), Block P
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Arbeitsaufwand</b> Präsenzzeiten 5 SWS / 70 Std, Selbststudium: 110 Std
<b>Leistungspunkte / Credits:</b> 6 CP (4 CP Vorlesung + Übung; 2 CP Praktikum)
<b>Leistungsnachweise/Prüfungsformen:</b> Vorlesung, Übung: Klausur 120 min (K120); Praktikum: Laborbericht (EB)
<b>Modulverantwortlicher :</b> Prof. O. Stork, FNW <b>Lehrende:</b> Prof. E. Gundelfinger, Prof. V Leßmann, , Prof. O. Stork, Prof. T. Voigt und andere.
<b>Literaturhinweise:</b> Kandel, Schwartz, Jessel „Principle of Neural Science“ 4 <sup>th</sup> ed, McGraw Hill Byrne, Roberts „From Molecules to Networks“ 2 <sup>nd</sup> ed., Academic Press



### 5.3. Chemie der Signaltransduktion

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Chemie der Signaltransduktion
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden können auf der Basis der molekularen Mechanismen die zelluläre Signaltransduktion verstehen und Vorgänge interpretieren.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Zelluläre Signaltransduktion</li><li>• Hydrophile Signalmoleküle</li><li>• Hydrophobe Signalmoleküle: Steroide, Vitamine, Tyroxin</li><li>• Hormone</li><li>• Wachstumsfaktoren</li><li>• Kinasen</li><li>• Mediatoren</li><li>• Neurotransmitter</li><li>• Rezeptoren</li><li>• Störungen der Signaltransduktion</li><li>• Apoptose</li><li>• Tumorgenese</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Anorganische Chemie
<b>Arbeitsaufwand:</b> 28 h Präsenzzeit; 62 h Selbststudium, 2 SWS
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> mündl. Prüfung / 3 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Dr. D. Schinzer, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Signal Transduction, B. D. Comperts, I. M. Kramer, P. E. R. Tatham, Elsevier Academic Press</li></ul>



#### 5.4. Experimental Virology

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Experimental Virology
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Students participating in this lecture are getting an in depth insight into the basic principles of virology with a focus on viruses that are relevant in the biotechnology field. They will learn how viruses can be used as a tool for cell line development or gene therapy. In addition, they will know main aspects of the production process for viruses such as the vaccine manufacturing. Moreover, students will learn details about two important human pathogens, i.e. influenza virus and HIV, to understand the threat of viruses for human health and challenges to develop antiviral drugs or vaccines.
<b>Inhalt:</b> <b>Virology</b> Definitions, historical overview about virological research, virus structure <b>Virus life cycle</b> Infection of cells, virus entry, replication mechanisms, virus-host cell interactions, virus assembly and budding <b>Pathogenesis and transformation</b> Infection of organisms, virus spread, transformation of host cells, tumor induction <b>Vaccines</b> Production processes for vaccines, established vaccines, cell culture-based influenza vaccines <b>Viral vectors</b> Retroviral, lentiviral and adenoviral vectors, production and application, baculovirus expression system <b>Emerging infectious diseases</b> Ebola, SARS-CoV, MERS-CoV <b>Specific examples</b> Influenza virus, HIV
<b>Lehrformen:</b> Lecture
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Basic subjects from Bachelor
<b>Arbeitsaufwand:</b> 2 SWS, 2 hours per week (28 h lectures + 62 h self-dependent studies)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> /Oral examination / 3 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. P. Zmora, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- David M. Knipe and Peter M. Howley (2013) <i>Fields Virology</i>, 6<sup>th</sup> edition, Philadelphia: Lippincott Williams &amp; Wilkins</li><li>- Susanne Modrow, Dietrich Falke, Uwe Truyen (2010) <i>Molekulare Virologie</i>, 3. Auflage, Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag</li></ul>



## 5.5. Experimental Virology

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Experimental Virology (Praktikum) (Angebot ab SoSe 2020)
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> After a two week lab course students will be able to perform independently infection experiments and carry out virus quantification assays. They can evaluate and interpret the experimental data and present their results in a lab report.
<b>Inhalt:</b> <b>Lab course</b> Infection experiments Virus quantification assays Imaging cytometry of infected cell populations Genetic predispositions for viral infections  <b>Exercise course</b> Influenza virus Modified Vaccinia Ankara virus Principles of virus quantification Principles of imaging cytometry
<b>Lehrformen:</b> Lab course and exercise course
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Lecture Virology for Biochemical Engineers Number of participants is limited to a maximum of 6 students.
<b>Arbeitsaufwand:</b> 2 SWS (28 h lab course + 14 h exercise course + 38 h self-dependent studies) 2 week block (afternoons)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Oral presentation + lab report / 3 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. P. Zmora, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> - David M. Knipe and Peter M. Howley (2013) <i>Fields Virology</i> , 6 <sup>th</sup> edition, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins - T. Frensing, Script





## 5.6. Experimentelle Infektionsimmunologie

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Experimentelle Infektionsimmunologie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Nach Abschluss dieses einwöchigen Praktikums besitzen die Studenten einen Überblick über moderne immunologische Analysemethoden, die zum Nachweis von Infektionen und zur Charakterisierung der Erreger-spezifischen Immunantwort eingesetzt werden. Sie sind in der Lage, diese Methoden eigenständig anzuwenden und auf der Basis der vermittelten Lehrinhalte die gewonnenen Untersuchungsergebnisse selbständig auszuwerten und zu interpretieren.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Mausinfektionsmodelle</li><li>• Nachweis und Quantifizierung von Pathogenen in Geweben</li><li>• Nachweis von Bakterien mittels MALDI-TOF</li><li>• Messen von zellulären Immunantworten (T-Zell-Proliferation, Zytotoxizität, Zytokinmuster, ELISPOT)</li><li>• Analyse von Immunzellen mittels Durchflusszytometrie</li><li>• magnetische Zellsortierung (autoMACS)</li><li>• Quantifizierung von Pathogen-spezifischen Antikörpern im Serum</li><li>• Datenanalyse</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Praktikum; (SS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Erfolgreiche Teilnahme an der Vorlesung „Infektionsimmunologie“. Die Anzahl der Teilnehmer ist auf 4-6 Studenten beschränkt.
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 Std., Selbststudium: 48 Std., P; 3 SWS
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Protokoll / 3 CP
<b>Verantwortliche:</b> Prof. D. Bruder / Prof. D. Schlüter, FME
<b>Literaturhinweise:</b> Janeway „Immunologie“ Praktikumsskript



## 5.7. Experimentelle Medizin

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Experimentelle Medizin
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Am Ende des Moduls besitzen die Studenten grundlegende Kenntnisse über Arbeitsweisen in der modernen biomedizinischen Forschung. Sie kennen aufgrund selbstständig durchgeführter Laborarbeiten experimentelle Untersuchungsmethoden. Sie besitzen exemplarisch Kenntnisse in biomedizinisch-relevanten Forschungsgebieten.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ausgewählte Beispiele biomedizinisch relevanter Forschung</li><li>• Studium der Übersichtsarbeiten und Originalliteratur</li><li>• Praktischer/experimenteller Teil incl. Analyse der Daten</li><li>• Mathematische Modellierung</li><li>• Kritische Wertung der Daten</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung; (SS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundkenntnisse der molekularen Zellbiologie und molekularen Medizin
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium, Vorbereitung auf die Prüfung: 78 Stunden V; 2 SWS / Ü; 1 SWS
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Klausur 120 min / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. M. Naumann, FME
<b>Literaturhinweise:</b> Alberts et al. „Lehrbuch der molekularen Zellbiologie“



## 5.8. Experimentelle Zellbiologie

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Experimentelle Zellbiologie (Vorlesung/Übungen)
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten sind am Ende der Lehrveranstaltung befähigt, zellbiologische, biochemische und massenspektrometrische Techniken in die Beantwortung biomedizinischer Fragestellungen einzubinden. Die Teilnehmer des Kurses sind in dem Aufbau und der generellen Handhabung verschiedener Massenspektrometer geschult. Ferner verstehen sie die physikalischen Prinzipien, die der Funktionsweise moderner Massenspektrometer zugrunde liegen. Dadurch sind die Teilnehmer des Kurses in der Lage, die nötigen massenspektrometrischen Strategien für analytische Fragestellungen auszuwählen und zielgerichtet zu optimieren. Ferner sind sie befähigt, massenspektrometrische Daten aus verschiedenen biologischen Materialien zu generieren und nachfolgend kritisch zu interpretieren. Die Studenten können aufgrund der praxisorientierten Ausbildung an verschiedenen Massenspektrometern, neben der selbständigen Optimierung von Messverfahren auch grundlegende Wartungsarbeiten an den Geräten durchführen.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Einführung in die Anwendung massenspektrometrischer Verfahren in der biomedizinischen Forschung</li><li>• Aufbau und Funktionsprinzipien moderner Massenspektrometer</li><li>• Theorie und Praxis der MALDI-Ionisierung und der Flugzeitanalysatoren (MALDI-TOF)</li><li>• Theorie und Praxis der ESI-Ionisierung und der Ionenfallen (ESI-Iontrap)</li><li>• Messung verschiedener biologischer Materialien am MALDI-TOF- und am ESI-Ionenfallen-Massenspektrometer</li><li>• Isolationstechniken zellulärer Subproteome</li><li>• Bioinformatische Auswertung eigener massenspektrometrischer Messdaten</li><li>• Interpretation und kritische Diskussion eigener experimenteller Daten im zellbiologischen Kontext</li><li>• Deassemblierung und Assemblierung eines Ionenfallenmassenspektrometers, Wartungsarbeiten</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übungen
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundkenntnisse Zellbiologie, Anmeldung beim verantwortlichen Dozenten erforderlich. Limitierung der Teilnehmerzahl auf 10 Studenten/Kurs.
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium, Vorbereitung auf die Prüfung, Auswertung von Messdaten: 48 Stunden V; 2 SWS / Ü; 1 SWS
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> mündliche Prüfung / 3 CP



**Verantwortliche:**

apl. Prof. Dr. T. Kähne/Prof. M. Naumann, FME

**Literaturhinweise:**

Alberts et al. „Lehrbuch der molekularen Zellbiologie“



## 5.9. Experimentelle Zellbiologie

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Experimentelle Zellbiologie (Praktikum)
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Das Praktikum versteht sich als optionale Erweiterung des WPF „Experimentelle Zellbiologie“ und wird die Teilnehmer am Ende der Lehrveranstaltung dazu befähigen, im vorangegangenen Wahlpflichtfach erlernte massenspektrometrische Techniken auf konkrete zellbiologische und biochemische Fragestellungen anzuwenden. Die Teilnehmer des Kurses werden in der Lage sein, analytische Strategien dem Einsatzzweck und den vorhandenen technischen Voraussetzungen anzupassen und zielgerichtet zu optimieren. Sie sind in der Generierung und Vorbereitung biologischer Materialien für eine massenspektrometrische Analyse geschult. Ferner sind die Teilnehmer in der Lage, biologisches Ausgangsmaterial mittels Zellkulturen herzustellen und mit Hilfe verschiedener biochemischer Trennverfahren (Elektrophorese, Chromatographie, Isoelektrische Fokussierung, Dichtegradientenzentrifugation) für die weitere Analyse vorzubereiten. Sie sind befähigt, massenspektrometrische Daten aus derartigen Proben zu akquirieren und nachfolgend mit Hilfe bioinformatischer Verfahren zu verarbeiten und resultierende Ergebnisse kritisch zu interpretieren.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Herstellung von biologischem Probenmaterial in der Zellkultur</li><li>• Biochemische Aufarbeitung und Trennung hochkomplexer biologischer Proben</li><li>• Vorbereitung von Probenmaterial zur massenspektrometrischen Analyse</li><li>• Eigenständige Messung der Proben am ESI-Ionenfallen-Massenspektrometer in Kombination mit einer Hochleistungs nano-chromatographischen Trennung (nanoHPLC)</li><li>• Bioinformatische Auswertung eigener massenspektrometrischer Messdaten</li><li>• Interpretation und kritische Diskussion eigener experimenteller Daten im zellbiologischen Kontext</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Praktikum
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Erfolgreiche Teilnahme an der Vorlesung (+Übungen) „Experimentelle Zellbiologie“, Anmeldung beim verantwortlichen Dozenten erforderlich. Limitierung der Teilnehmerzahl auf 10 Studenten/Kurs.
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium, Vorbereitung auf die Prüfung, Auswertung von Messdaten, Protokollerstellung: 48 Stunden P; 3 SWS
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Protokoll / 3 CP
<b>Verantwortliche:</b> apl. Prof. Dr. T. Kähne/Prof. M. Naumann, FME



**Literaturhinweise:**

Alberts et al. „Lehrbuch der molekularen Zellbiologie“



## 5.10. Genetic Models

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Genetic Models (engl.)
<b>Ziele des Moduls</b> Die Studenten kennen aktuelle Strategien zur Erzeugung und zum Einsatz genetischer Modelle in der neurowissenschaftlichen Forschung. Sie besitzen praktische Fähigkeiten der genetischen Analytik und einer umfassenden Untersuchung von genetischen Maus- und Fliegenmodellen.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>„Forward genetics“.</b> Methoden der Identifikation von Genen, die neuronale Funktionen kontrollieren bzw. Dysfunktionen neuraler Systeme hervorrufen können. Mendelsche und nicht-Mendelsche Genetik. „Linkage Analyse“ und ENU Mutagenese.</li><li>• <b>„Reverse genetics“.</b> Methoden und Strategien zur Generierung transgener Modellorganismen – klassische, <i>knock-out</i> und <i>knock-in</i> Systeme, konstitutive und konditionale sowie induzierbare Systeme, Chromosomenmanipulationen.</li><li>• <b>Genetische Modelle neuronaler Erkrankungen.</b> Stärken und Schwächen der Nachbildung genetischer Erkrankungen und Ihrer Ätiologie. Einsatz genetischer Modelle für nicht oder nur teilweise genetisch verursachte Krankheiten.</li><li>• <b>Genetische Methoden zur Darstellung des Engrams.</b> Genetische Modelle zur Darstellung von neuronalen Bahnen der Gedächtnisspeicherung. Genetische Modelle mit GFP Derivaten für <i>in vivo</i> Bildgebung und Strukturanalyse.</li><li>• <b>Drosophilagenetik.</b> Stärken und Schwächen der Arbeit mit der Fruchtfliege <i>Drosophila melanogaster</i>. Hitzesensible und andere transgene Systeme.</li><li>• <b>Viraler Gentransfer ins Gehirn.</b> Verwendung viraler Vektoren für akuten Gentransfer ins Nervensystem. Bestandteile, Vor- und Nachteile verschiedener viraler Vektoren.</li><li>• <b>Humangenetik.</b> Detektion von Restriktionsfragmentpolymorphismen im menschlichen Genom mithilfe PCR-basierter Methoden und ihre Verknüpfung mit neuropsychophysiologischen Parametern in gesunden Probanden.</li><li>• <b>Mausgenetik.</b> Genotypisierung und Verhaltensanalyse von Mausmutanten, Einsatz von GFP Markern zur Analyse neuronaler Subpopulationen und neuronaler Kreisläufe.</li><li>• <b>Fliegen-genetik.</b> Analyse der molekularen Zusammensetzung der neuromuskulären Verbindung in <i>D. melanogaster</i> mit mikroskopischen und Bildgebungsverfahren.</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (1 SWS), Praktikum (2 SWS); (WS)
<b>Voraussetzungen</b> Modul Molecular and Cellular Neurobiology.
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 3 SWS / 42 Stunden, Selbststudium: 48 Stunden



**Leistungspunkte /Credits:**

3 CP

**Leistungskontrolle / Prüfungen:**

Protokoll und Abschlussseminar

**Modulverantwortlicher:**

Prof. Dr. O. Stork, FNW

**Lehrende:**

Prof. O. Stork, Prof. M. Zenker, Dr. U. Thomas, Dr. K. Rehberg

**Literaturhinweise:**

Kandel, Schwartz, Jessel „Principle of Neural Science“ 4<sup>th</sup> ed, McGraw Hill  
Krebs, Goldstein, Kilpatrick „Lewin’s Genes X“ 10<sup>th</sup> ed., Jones & Barlett Pub.





## 5.11. Infektionsimmunologie

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Infektionsimmunologie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Am Ende des Moduls verfügen die Studenten über grundlegende Kenntnisse im Bereich der Immunologie und haben anhand ausgewählter Infektionskrankheiten Einblicke in die komplexen immunologischen Abwehrmechanismen gegen Pathogene erlangt. Im vorlesungsbegleitenden Seminar haben die Studenten gelernt, basierend auf Übersichtsarbeiten und Originalliteratur eigenständig aktuelle Themen aus dem Bereich der Infektionsimmunologie in Form von Seminarvorträgen zu präsentieren und mit ihren Kommilitonen zu diskutieren.
<b>Inhalt:</b> Grundlagen der Immunologie Wirt-Pathogen-Interaktionen Mechanismen der Pathogen-Erkennung und –Eliminierung Immunevasion / Persistenz Vorstellung ausgewählter medizinisch relevanter Infektionskrankheiten unter Berücksichtigung ihrer immunologischen Besonderheiten Studium und Präsentation von Originalliteratur und Übersichtsarbeiten
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Seminar; (SS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 28 Stunden, Selbststudium 62 Stunden V; 1 SWS / Ü; 1 SWS
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Klausur (90 Minuten) / 3 CP
<b>Verantwortliche:</b> Prof. D. Bruder / Prof. D. Schlüter, FME
<b>Literaturhinweise:</b> Janeway „Immunologie“



## 5.12. Methoden der Proteinanalytik

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Methoden der Proteinanalytik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten erwerben theoretische und praktische Fähigkeiten in der Analytik komplexer Proteingemische sowie Grundkenntnisse in der Strukturaufklärung von Proteinen. Sie werden in einem Praktikum befähigt, selbstständig Experimente zur qualitativen und quantitativen Analyse von Proteingemische zu planen und durchzuführen. Die Studenten können die erzeugten Datensätze mit bioinformatischen Methoden auswerten.
<b>Inhalt</b> Vorlesung <ul style="list-style-type: none"><li>• Proteomik als analytische Methode der Systembiologie</li><li>• Klassischer Workflow und Methoden der Proteomik (Probenvorbereitung, Elektrophorese, Massenspektrometrie)</li><li>• Massenspektrometrie (Gerätetechnik, Anwendung in Proteomik)</li><li>• Labelling von Proteinen und gelunabhängige Methoden der Proteomik</li><li>• Analyse von Proteinkomplexen</li><li>• Strukturaufklärung von Proteinen (Röntgenkristallstrukturanalyse, NMR)</li><li>• Bioinformatik (Datenbanken, Strukturvorhersage, Modellierung von Proteinstrukturen)</li></ul> Praktikum <ul style="list-style-type: none"><li>• Probenvorbereitung (Zellaufschluss)</li><li>• Elektrophorese (Zymogramm, SDS-PAGE und 2D-PAGE)</li><li>• Identifizierung und Strukturaufklärung mittels Massenspektrometrie</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung, Praktikum; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Alle Module des Bachelorstudienganges. Der Besuch des Moduls Moderne Analysenmethoden / Instrumentelle Analytik wird empfohlen.
<b>Arbeitsaufwand:</b> Vorlesung: 2 SWS (28 h), Übung: 1 SWS (14 h), Praktikum: 1 SWS (14 h), Selbstständiges Arbeiten: 94 h
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Klausur (90 min) / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. D. Benndorf, FVST <b>Lehrende:</b> Dr. D. Benndorf, Dr. E. Rapp, Prof. U. Reichl, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• F. Lottspeich, J. W. Engels, A. Simeon (Hrsg.): Bioanalytik. Spektrum Akademischer Verlag 2008. ISBN: 978-3827415202</li><li>• H. Rehm, T. Letzel: Der Experimentator: Proteinbiochemie / Proteomics. Spektrum Akademischer</li></ul>



OTTO VON GUERICKE  
UNIVERSITÄT  
MAGDEBURG

VST

FAKULTÄT FÜR VERFAHRENS-  
UND SYSTEMTECHNIK

Verlag 2009. ISBN: 978-3827423122



### 5.13. Mikrobielle Biochemie

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Mikrobielle Biochemie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten vertiefen ihre Kenntnisse in den Bereichen Biochemie und Mikrobiologie. Die Studenten sind in der Lage, den Metabolismus biogener und anthropogener Verbindungen und die Mechanismen der Adaptation von Mikroorganismen an veränderte Umweltbedingungen zu analysieren. Die Studenten begreifen die metabolische Vielfalt und die hohe Adaptationsfähigkeit von Mikroorganismen als Chance für die Anwendung in biotechnologischen Prozessen. Gleichzeitig vertiefen Sie in einem Praktikum ihre praktischen Fähigkeiten in der Kultivierung und biochemischen Charakterisierung von Mikroorganismen.
<b>Inhalt</b> Vorlesung <ul style="list-style-type: none"><li>• Stoffwechselfielfalt (Photosynthese, Chemolithotrophie, Nutzung alternativer Elektronenakzeptoren)</li><li>• Adaptation von Mikroorganismen an ihre Umwelt (Hitzeschock, oxidativer Stress, Säureschock, Stationäre Phase)</li><li>• Mikroorganismen in biogeochemischen Prozessen (Erzlaugung,</li><li>• Abbau von anthropogenen Verbindungen (chlorierte und nicht chlorierte Aliphaten und Aromaten, aerober und anaerober Abbau)</li><li>• Produktsynthese</li></ul> Praktikum <ul style="list-style-type: none"><li>• Kultivierung von Mikroorganismen (Adaptation, Schadstoffabbau, Produktsynthese)</li><li>• Kontinuierliche Kultivierung von Mikroorganismen im Bioreaktor</li><li>• Messung von Substrat- und Produktkonzentration</li><li>• Enzymmessungen</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung, Praktikum; (SS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Alle Module des Bachelorstudienganges.
<b>Arbeitsaufwand:</b> Vorlesung: 2 SWS (28 h), Übung:1 SWS (14 h), Praktikum:1 SWS (14 h), Selbstständiges Arbeiten: 94 h
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Klausur (90 min) / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. D. Benndorf, FVST <b>Lehrender:</b> Dr. D. Benndorf, Prof. U. Reichl, FVST



**Literaturhinweise:**

M. T. Madigan, J. M. Martinko: Brock Mikrobiologie. Pearson Studium (2008). ISBN: 978-3827373588

M. Schlömann., W. Reineke: Umweltmikrobiologie. Spektrum Akademischer Verlag (2006). ISBN: 978-3827413468



#### 5.14. Molecular and cellular neurophysiologie

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Molecular and cellular neurophysiology
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden haben Grundlagen moderner Neurowissenschaften aus der Sicht molekularer und zellulärer Forschungsansätze erworben. Der Schwerpunkt liegt auf modernen Ansätze zur Untersuchung des Nervensystems mit biochemischen und molekularen Methoden. Studierende erwerben Kenntnisse in moderne Methodik, molekulare und zelluläre Bausteine von Zellbewegung, Signaltransduktion, Zellentwicklung, und Zellkommunikation, sowie weitere Aspekte der Bioinformatik.
<b>Inhalt</b> Genexpression, moderne Methoden molekularer Neurobiology, molekulare Aspekte der neuronalen Entwicklung, molekulare Motoren der Motilität und Migration, Kanäle und Rezeptoren, Neurosekretion, neuromodulatorische Mechanismen, molekulare Sinnesphysiologie, weiterführende Aspekte der Bioinformatik, und diagnostische Anwendungen. Im Praktikum werden die wichtigsten Methoden erprobt, darunter molekulare Klonierung, Biochemie von Proteinen, Southern, Northern, und Western Blotting, Polymerase Kettenreaktion.
<b>Lehrformen:</b> 1 Vorlesungen (je 2 SWS), 1 Praktikum (2 SWS), 1 vertiefende Übungen (2 SWS) als Wahlpflichtfach; (SS) Alle Veranstaltungen werden in englischer Sprache abgehalten.
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematische und physikalische Grundlagen, Grundlagen der Systemtheorie/Signale und Systeme
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeiten: 6 SWS (84 Std.), Selbststudium: 266 Std.
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Vorlesung, Übung: Klausur 120 min (K120); Praktikum: Laborbericht (EB) 3 CP Vorlesung, 2 CP Praktikum, plus 2 CP Übung (WPF)
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. O. Stork, FNW <b>Lehrende:</b> Prof. K. Braun, Prof. E. Gundelfinger, PD M. Kreuz, Prof. G. Reiser, PD C. Seidenbecher, Prof. O. Stork, und andere.
<b>Literaturhinweise:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Molecular Cell Biology (Lodish et al. 2007)</li><li>- Molecular Biology of the Cell (Alberts et al., 5<sup>th</sup> edition)</li><li>- Lehninger, Principles of biochemistry (2008)</li><li>- Basic Neurochemistry (Siegel et al., 2006, 2011)</li><li>- Neuroscience: Exploring the Brain Mark Bear, Michael Paradiso, Barry W. Connors (Lippincott Williams &amp; Wilkins) 2006</li><li>- Principles of Neural Science Eric R. Kandel, James H. Schwartz, Thomas M. Jessell (Mcgraw-Hill Professional 2000</li><li>- Brady, Siegel et al., 2011</li><li>- Basic Neurochemistry. Principles of Molecular, Cellular and Medical Neurobiology Eighth Edition,</li></ul>



(Academic Press)

- Hammond 2008, Cellular and Molecular Neurophysiology, Third Edition (Elsevier)



## 5.15. Molekularbiologie

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Molekularbiologie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> An exemplarischen Fragestellungen der molekularbiologischen Grundlagenforschung erlernen die Studierenden die theoretisch fundierte Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten. Nach Absolvieren der Übung beherrschen die Studierenden zentrale Grundtechniken der Molekularbiologie wie die Neukombination genetischer Information, die Erzeugung gentechnisch veränderter Organismen und die Analyse von DNA Sequenzen.
<b>Inhalt:</b> Transformation und Transduktion von <i>Escherichia coli</i> Plasmidkonstruktion Restriktionsanalyse Mutagenese Sequenzanalyse
<b>Lehrformen:</b> Übung; (SS, WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Bachelor in Biosystemtechnik, fristgerechte (siehe UniVIS) Anmeldung via Webformular unter <a href="http://www.regulationsbiologie.de/Students/index.html">http://www.regulationsbiologie.de/Students/index.html</a>
<b>Arbeitsaufwand:</b> 6 SWS, Präsenzzeit: 56 Stunden, Vor- und Nachbereitung: 124 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Benotete Testate und Protokolle / 6 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. M. Haas, Prof. W. Marwan, FNW
<b>Literatur:</b> Genes IX, Benjamin Lewin The lac-Operon, Benno Müller-Hill





## 5.16. Biomodelltechnik mit Petri-Netzen und ihre Anwendung in der Systembiologie

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Biomodelltechnik mit Petri-Netzen und ihre Anwendung in der Systembiologie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Teilnehmer lernen die vielfältigen Möglichkeiten kennen, die Petri-Netze als formale Sprache zur Beschreibung und Simulation biologischer Prozesse bieten. Am Beispiel wichtiger biologischer Phänomene üben die Teilnehmer den professionellen Umgang mit Petri-Netzen und lernen dabei, die Funktionsweise nichttrivialer regulatorischer Netzwerke kennen. Die erworbenen Fähigkeiten lassen sie auf die Analyse und das (Re-) Design molekularer Netzwerke in Systembiologie, synthetischer Biologie und Bioprozesstechnik anwenden. Die benutzte Software ist frei verfügbar und läuft unter Linux, Mac OS X und Windows.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Petri-Netze als formale Sprache zur Modellierung, Simulation und Analyse biologischer Systeme</li><li>• Petri-Netz Klassen und ihre Anwendung: qualitative, diskrete, kontinuierliche und stochastische Modelle biologischer Prozesse</li><li>• Advanced Petri Nets: Graphische Darstellung und Simulation in Snoopy</li><li>• Räuber-Beute-Beziehung als einfaches dynamisches Modell</li><li>• Strukturelle Analyse und Validierung von Petri-Netzen mit Charlie</li><li>• Die funktionelle Anatomie molekularer Schalter: Kooperative Wechselwirkungen bei der Regulation von Proteinen und zellulären Prozessen</li><li>• Entwicklungsschalter des Bacteriophagen Lambda</li><li>• Boolesche Netzwerke und Petri-Netze als Modelle von Genexpression und Zelldifferenzierung</li><li>• Molekulare Dynamik der Inneren Uhr (circadiane Rhythmik)</li><li>• Simulation von Zellpopulationen und räumlich-zeitlichen Mustern mit gefärbten Petri-Netzen (Repressilator, Belousov-Zhabotinsky-Reaktion, u.a.)</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Kurs; (SS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Vorlesung Regulationsbiologie und Grundlagenfächer des Bachelor
<b>Arbeitsaufwand:</b> 4 SWS, Präsenzzeit: 56 Std., Selbststudium: 124 Std.
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Praktische Klausur (120 Minuten) / 6 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. W. Marwan, Dipl.-Ing. M. A. Blätke, FNW
<b>Literaturhinweise:</b> Kursskript



### 5.17. Quantitative Signaltransduktion

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Quantitative Signaltransduktion
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden sind in der Lage aktuelle molekularbiologische Methoden zur quantitativen Analyse von Signaltransduktionswegen anzuwenden und die Ergebnisse zu interpretieren. Die gewonnenen Daten werden kritisch bzgl. technischer und experimenteller Schwankungen analysiert werden. Hierbei liegt der Fokus auf der Möglichkeit des Einsatzes der gewonnenen Daten für systembiologische Arbeiten. Die Studenten erlangen die Fähigkeit ein wissenschaftliches Protokoll anzufertigen und ihre Daten mündlich zu präsentieren.  Methodenkompetenz: Zellkultur, SDS PAGE und Western Blotting, FACS Analyse, konfokale Mikroskopie, Reporter-Gen-Analyse, quantitative Real-Time PCR Verständnis des IL-6-induzierten JAK/STAT- Signalweges und seiner Regulation Quantifizierung der Ergebnisse mit aktueller Software Statistische Auswertung der Daten Schriftliche Darstellung der Ergebnisse Mündliche Präsentation und Diskussion der Ergebnisse
<b>Inhalt:</b> Seminare zu den einzelnen Methoden mit Fokus auf biochemische Grundlagen und Möglichkeiten der quantitativen Datenerhebung Praktikum: Zellkultur, Stimulation von Zellen mit Zytokinen, SDS PAGE und Western Blotting, FACS Analyse, konfokale Mikroskopie, Transfektion von Zellen, Reporter-Gen-Analyse, Isolation von RNA, cDNA Synthese, quantitative Real-Time PCR Abschlussseminar mit Ergebnispräsentation durch die Studenten
<b>Lehrformen:</b> Praktikum, Seminar; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Vorlesung Grundlagen der Systembiologie oder vergleichbare Veranstaltung, Grundpraktikum Biologie
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Std., Selbststudium: 48 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Abschlussprotokoll, Ergebnispräsentation im Abschlussseminar und Klausur / 3 CP
<b>Modulverantwortliche:</b> Prof. F. Schaper, FNW



**Literaturhinweise:**

- An introduction to systems biology - design principles, of biological circuits, Chapman & Hall/CRC ISBN 1-58488-642-0
- Signal transduction BD Gomperts, IM Kramer, PER Tatham, 2nd Ed. Academic Press, ISBN 978-0-12-369441-6
- Biochemistry of Signal Transduction, G Krauss, 4th Ed. Wiley-VCH, ISBN 978-3-527-31397
- Bioanalytik, F Lottspeich, JW Engels, 3rd Ed. Spektrum Akademischer Verlag ISBN 978-3827429421



## 6. Masterstudiengang Biosystemtechnik, Technische Wahlpflichtmodule

### 6.1. Anlagen- und Apparatebau in der Feststoff-Verfahrenstechnik: Auslegung, Umsetzung und Problemlösung

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Anlagen- und Apparatebau in der Feststoff-Verfahrenstechnik: Auslegung, Umsetzung und Problemlösung
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden verstehen die grundlegende Vorgehensweise bei der Auslegung, der Umsetzung sowie der Problemlösung von apparativen und anlagentechnischen Konzepten in der Feststoffverfahrenstechnik. Anhand von verschiedenen Anwendungsbeispiele aus der industriellen Praxis sollen den Studierenden die Fähigkeit vermittelt werden, den Prozess soweit zu abstrahieren, so dass eine Abschätzung der Anlagengröße, der erreichbaren Durchsätze sowie der notwendigen Energieeinsätze mit einfachen Mitteln möglich ist. Es soll gezeigt werden, wie diese einfachen Abschätzungen zunächst als Basis für eine Anlagenauslegung genutzt und später durch komplexere Modelle unteretzt werden können. Für die komplexere Prozessmodellierung werden je nach Anwendungsfall zeitlich und örtlich verteilte Modelle oder auch durch populationsdynamischer Modelle genutzt. Die in der Vorlesung genutzten Anwendungsbeispiele sind im wesentlichen Trocknungs- und Granulationsprozesse bei denen Feststoffe mittels Konvektions- und Kontaktrockner behandelt werden.
<b>Inhalt:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Grundlagen Apparate- und Anlagenbau</li><li>2. Grundlagen der Anlagenauslegung</li><li>3. Trocknungs- und Granulationsprozesse in der Feststoffverfahrenstechnik</li><li>4. Auslegung von Konvektionstrocknern (Massen- und Energiebilanzen)</li><li>5. Auslegung von Kontaktrocknern (Massen- und Energiebilanzen)</li><li>6. Wärme- und Stoffübergang in Konvektions- und Kontaktrocknern</li><li>7. Anwendungsbeispiele und Fallstudien aus der industriellen Praxis</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung als Blockvorlesung, Übung (Wintersemester)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS, Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> K 120 / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Hon.-Prof. M. Peglow, FVST



**Literaturhinweise:**

Vorlesungsskript

Ausgewählte wissenschaftliche Publikationen aus dem Fachgebiet



## 6.2. Adsorption und heterogene Katalyse

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik

**Modul:**

Adsorption und heterogene Katalyse

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Die Studierenden

- sind in der Lage die wichtigsten Adsorbentien, hinsichtlich ihrer Eigenschaften in ihren Grundzügen zu charakterisieren
- können Adsorptionsgleichgewichte von Einzelstoffen und Gemischen mathematisch und experimentell quantifizieren.
- haben ein Grundverständnis zur Durchführung von Adsorptionsprozessen in technischen Apparaten zur Stofftrennung, z.B. für die Auslegung von Festbettadsorbern
- können effektive Reaktionsgeschwindigkeiten katalytisch wirkender Feststoffe unter Berücksichtigung des Adsorptionsverhaltens identifizieren
- sind mit verschiedenen modernen instationären (Reaktor-)Betriebsweisen vertraut

**Inhalt:**

- Adsorptionsprozesse
  - Adsorptionsgleichgewicht und Adsorptionskinetik
  - Stoffbilanzen und Adsorberauslegung
  - Beispiele zur technischen Anwendung
- Heterogene Katalyse
  - Kinetik
  - Wärme- und Stoffbilanzen
  - Berechnung von Festbettreaktoren
  - Instationäre Betriebsweisen
- Industrielle Chromatographie
  - Vorstellung verschiedener verfahrenstechnischer Konzepte
  - Beispiele aus der pharmazeutischen Industrie und Biotechnologie

**Lehrformen:**

Vorlesung, Seminare; (WS)

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Chemie, Reaktionstechnik I, Thermodynamik

**Arbeitsaufwand:**

3 SWS

Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

- / M / 4 CP



**Modulverantwortlicher:**

Prof. A. Seidel-Morgenstern, FVST

**Literaturhinweise:**

- Kast, Adsorption aus der Gasphase, VCH, Weinheim, 1988
- Ertl, Knöziger, Weitkamp, Handbook of Heterogeneous Catalysis, VCH, 2008



### 6.3. Analysis and Design of Experiments

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik

**Module:**

Analysis and Design of Experiments

**Ziele des Moduls:**

The students learn how to use statistical methods to evaluate experimental data, how to estimate parameters along with their confidence intervals for linear and nonlinear models using classical and modern regression techniques. They are able to use different methods to discriminate between possible process models and to design and evaluate classical experimental plans. Additionally, the students learn to use modern design of experiments for sampling design sites used in computer experiments or simulations. This allows the student to then perform various forms of analysis, such as system prediction, optimization, visualization, etc. for computationally based process models.

**Inhalt:**

- Basic concepts: variables, parameters, models, design of experiments
- Statistical foundations: probability, probability distributions, population, sample, estimators, confidence intervals
- Parameter estimation: linear and nonlinear regression, simultaneous multiple regression, Bayesian regression, Maximum-Likelihood method, goodness/lack of fit, individual and joint confidence regions
- Design of experiments: classical design methods for models of first and second order, factorial and blocked designs, modern methods for use with computational models
- Interactive use of Matlab for illustrative purposes on important examples

**Lehrformen:**

3 SWS, Lectures, tutorials and Matlab tutorials

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Bachelor in chemical engineering or related fields. Basic knowledge of statistics and maths.

**Arbeitsaufwand:**

Regular Study: 42 h, Private Study: 78 h

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

- / Written exam 90 min / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

Dr.-Ing. M. Wenzel, MPI Magdeburg





#### 6.4. Apparatetechnik

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik

**Modul:**

Apparatetechnik

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Ausgehend von den unterschiedlichen wesentlichen Prozessen in der Verfahrenstechnik besitzen die Studenten Basiskompetenzen für deren apparative Umsetzung. Sie haben ein Grundverständnis für die erforderlichen Apparate sowie deren Gestaltung von der Funktionserfüllung bis zur Apparatefestigkeit. Den Studenten sind die wesentlichen Grundlagen für die festigkeitsseitige Berechnung wichtiger Apparateteile bekannt. Sie können, ausgehend von den verfahrenstechnischen Erfordernissen, die verschiedenen Typen von Wärmeübertragungsapparaten, Stoffübertragungsapparaten, Apparaten für die mechanische Stofftrennung und –vereinigung sowie Pumpen und Ventilatoren in ihrer Wirkungsweise einschätzen und beherrschen vereinfachte Berechnungsansätze in Form von Kriterialemgleichungen. Sie besitzen ein erstes Verständnis für den Betrieb derartiger Apparate und Anlagen. Sie haben durch eine Exkursion in einen Produktionsbetrieb (z. B. Zuckerfabrik) direkten Einblick in die Betriebsabläufe und die Funktionsweise von wichtigen Apparatetypen erhalten.

**Inhalt:**

1. Einführung, Aufgaben des Chemischen Apparatebaus, Überblick über wesentliche Grundlagen, Prinzipielle Methoden der Berechnung von Prozessen und zugehörigen Apparaten, Wichtige Gesichtspunkte für den Apparatentwurf
2. Gewährleistung der Apparatefestigkeit, Grundlagen, Beispiele für Festigkeitsberechnungen von zylindrischen Mänteln, ebenen und gewölbten Böden und anderen Apparateteilen
3. Wärmeübertragungsapparate, Berechnungsgrundlagen Bauarten von Wärmeübertragungsapparaten und wesentliche Leistungsdaten von Wärmeübertragern
4. Stoffübergangsapparate, Grundgesetze, Thermische Gleichgewichte zwischen verschiedenen Phasen, Blasendestillation, Mehrstufige Prozesse, Rektifikation, Konstruktive Stoffaustauschelemente, Hydraulischer Arbeitsbereich, Allgemeiner Berechnungsablauf für Kolonnenböden, Konstruktive Details von Kolonnen
5. Apparate für die Trocknung von Feststoffen, Berechnungsgrundlagen, Arten der Trocknung, Übersicht über technisch wichtige Trocknerbauformen
6. Apparate für die mechanische Trennung disperser Systeme, Apparative Gestaltung von Sedimentationsapparaten, Filtrationsapparate, Apparative Gestaltung von Zentrifugen, Dekantern
7. Rohrleitungen und Armaturen, Apparative Ausführung von Pumpen und Ventilatoren und deren Betriebsweise

**Lehrformen:**

Vorlesung, Übung (Im Rahmen der Übung wird ein Apparat berechnet und konstruktiv entworfen), Exkursion; (WS)

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Mathematik, Physik, Strömungsmechanik I

**Arbeitsaufwand:**

4 SWS

Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 108 Stunden



**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Konstruktiver Entwurf eines Apparates (Die positive Bewertung ist Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung) / K 120 / 5 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. U. Krause, FVST

**Literaturhinweise:**

Eigenes Script in moodle zum Herunterladen; Dubbel, Taschenbuch für den Maschinenbau, Springer-Verlag, 21. Auflage 2005; VDI-Wärmeatlas, VDI-Verlag, 10. Auflage 2006; Verfahrenstechnische Berechnungsmethoden, Teil 2: Thermisches Trennen, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Stuttgart 1996; Apparate-Technik-Bau-Anwendung, Vulkan-Verlag Essen, 1997; Grundlagen der Rohrleitungs- und Apparatechnik, Vulkan-Verlag Essen, 2004; Berechnung metallischer Rohrleitungsbauteile nach EN 13480-3, Vogel-Buchverlag Würzburg, 2005



## 6.5. Applications of Discrete Event Systems

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Applications of Discrete Event Systems
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> The module provides a deep insight and view on the use of discrete event systems in various fields of applications. The focus is put on the application depending modeling, analysis, and realization of discrete event systems. Application examples are taken from the field of scheduling, flexible automation, and biological systems.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Introduction to applications of discrete event systems</li><li>• Modeling and analysis of processes using advanced discrete event concepts</li><li>• Simulation and Visualization of discrete event systems including computer exercises</li><li>• Formulation, analysis, and solution of scheduling problems using discrete event Systems and genetic algorithms</li><li>• Modeling, analysis, and verification of complex, flexible production systems using discrete event systems.</li><li>• Modeling and analysis of biological systems</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Ereignisdiskrete Systeme
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS ; (42 h Präsenzzeit + 78 h Selbständiges Arbeiten)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Übungsschein/mündliche Prüfung / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. R. Findeisen, FEIT <b>Weiterer Lehrender:</b> Dr.-Ing. J. Ihlow
<b>Literature:</b> Cassandras, Ch.G.; Lafortune, St.: Introduction to Discrete Event Systems. Springer Verlag, 2008 <i>Hanisch H.-M.</i> :Petri-Netze in der Verfahrenstechnik. Oldenbourg Verlag, München Wien 1992. <i>Heistermann J.</i> : Genetische Algorithmen. B.G. Teubner Verlagsgesellschaft, Stuttgart Leipzig 1994.



## 6.6. Heterocyclen als Basis von Wirkstoffen: Synthesestrategien und Synthesen

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik

**Modul:**

Heterocyclen als Basis von Wirkstoffen: Synthesestrategien und Synthesen

**Ziele des Moduls:**

Die Studierenden kennen heterocyclische Natur- und Wirkstoffe und sind sich der Wichtigkeit dieser Verbindungen für Life Sciences bewusst.

Sie kennen die Trivialnamen heterocyclischer Verbindungen und können nach der A- und der Hantzsch-Widmann-Patterson-Nomenklatur Heterocyclen benennen bzw. aus ihren Namen die Strukturen ableiten. Die Studierenden sind in der Lage, aus acyclischen Bausteinen Heterocyclen zu synthetisieren, wobei sie die erlernten prinzipiellen Synthesestrategien zur Anwendung bringen oder retrosynthetisch die Heterocyclen konzipieren. Sie kennen die Reaktivitätsunterschiede fünf- und sechsgliedriger Heterocyclen, die sie u. a. mit Hilfe der HMO-Methode ableiten können, und sind in der Lage, gezielt Substituenten an vorgegebenen Positionen von Heterocyclen einzuführen.

**Inhalt**

- Heterocyclen in der Natur, Life Science und Materialwissenschaften
- Nomenklatur (Substitutionsnomenklatur, Trivialnamen, Hantzsch-Widmann-Patterson)
- Heteroaromatizität : HMO-Theorie, Frost-Musulim-Diagramm, Heteroaromaten, Heteroantiaromaten, Bindungslängen von Heterocyclen, Resonanzenergie, REPE-Werte, PMO-Theorie, Löslichkeit, Basizität, Tautomerie und Dipolmomente heterocyclischer Systeme
- Reaktivitätsvergleich von 5- und 6-Ringheterocyclen
- Synthesestrategien für Heterocyclen : Bis-Elektrophil + Bis-Nucleophil, Cyclisierungen (Baldwin-Regeln), Cycloadditionen (Hetero-Diels-Alder-Reaktionen, [2+2]-Cycloadditionen, Chelotrope Reaktionen, 1,3-dipolare Cycloadditionen, Übergangsmetall-katalysierte Cyclisierungen)
- Heterocyclische Fünfringe mit einem Heteroatom (Furan, Pyrrol und Thiophen): Basizität, Reaktivität, Vorkommen in der Natur, Pyrrol-Synthesen (Paal-Knorr, Knorr, Hantzsch, Kenner, van Leusen, Barton-Zard, etc.), Thiophen-Synthesen (Paal-Knorr u. a.), Furan-Synthesen (Feist-Benary u. a.)
- Elektrophile Substitution an Pyrrol, Furan und Thiophen, Reaktivitätsunterschiede, Substituenteneinflüsse,
- Benzannelierte Fünfring-Heterocyclen mit einem Heteroatom, Vorkommen in der Natur, Indol-Synthesen (Fischer, Reissert, Leimgruber-Batcho, u. a.), Reaktionen am Indol
- Heterocyclische Fünfringe mit zwei Heteroatomen (1,2 und 1,3-Azole, Thiazol, Oxazol, etc.) : Synthesen, Reaktivität, Vorkommen in der Natur, etc.
- Sechsring-Heterocyclen mit 1-3 Stickstoffatomen (e. g. Pyridin, Pyrimidin, Triazin) : Reaktivitäten, Synthesen etc. wie bei Fünfring-Heterocyclen
- Ausgewählte Synthesebeispiele heterocyclischer Natur- und Wirkstoffe (Pharma und Pflanzenschutz)

**Lehrformen:**

Vorlesungen; (SS)

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Grundkenntnisse der organischen Chemie



**Arbeitsaufwand:**

2,5 SWS

Präsenzzeiten: 35 Std., Selbststudium: 50 Std.

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Teilnahmebestätigung und/oder mündliche Prüfung (auf Wunsch) / 3 CP (Die CPs werden nur bei Bestehen der Prüfung vergeben)

**Modulverantwortlicher:**

Hon.-Prof. E. R. F. Gesing, FVST

**Literaturhinweise:**

T. Eicher, S. Hauptmann, *The Chemistry of Heterocycles*; Wiley-VCH, 2003;

J. A. Joule, K. Mills, *Heterocyclic Chemistry*, Blackwell Science, 2000.



## 6.7. Computer Tomographie – Theorie und Anwendung

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul</b> Computer Tomographie – Theorie und Anwendung
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> In dieser Veranstaltung wird die medizinische Bildgebung der Computertomographie (CT) bzgl. der Theorie, Aufbau und Anwendungen behandelt. Folgende Ziele und Kompetenzen werden vermittelt: <ul style="list-style-type: none"><li>○ Verständnis der Systemtheorie abbildender Systeme,</li><li>○ Beherrschung der physikalischen Grundlagen der CT,</li><li>○ Grundverständnis des prinzipiellen Aufbaus und Funktionsweise</li><li>○ Solides Verständnis der mathematischen Verfahren zur tomographischen Rekonstruktion</li><li>○ Grundkenntnisse der medizinischen Einsatzgebiete der CT sowie der Limitierungen der Technologie</li><li>○ Einschätzung der Gefahren durch Strahlenbelastung</li><li>○ Überblick über der aktuellen Forschungsgebiete im Bereich CT</li></ul>
<b>Inhalt:</b> Beginnend mit der Systemtheorie abbildender Systeme folgt die Behandlung der physikalischen Eigenschaften der Röntgenstrahlung und ihrer Wechselwirkung mit Materie. Im zweiten Teil wird die Röntgen basierende Projektionsbildgebung diskutiert. Im dritten Teil folgt das genaue Studium der mathematischen Verfahren der tomographischen Bildgebung und die Behandlung diverser Bildrekonstruktionsverfahren. Die einzelnen Inhalte sind: <ul style="list-style-type: none"><li>○ Systemtheorie abbildender Systeme</li><li>○ Physikalische Grundlagen inklusive Strahlungsbelastung</li><li>○ Röntgenröhren und Röntgendetektoren</li><li>○ Projektionsbildgebung</li><li>○ Rekonstruktionsverfahren: Fourier-basierende Verfahren, Gefilterte Rückprojektion, Algebraische Verfahren, statistische Verfahren</li><li>○ Geometrien: Parallel-, Fächer- und Kegelstrahl</li><li>○ Implementierungsaspekte</li><li>○ Bildartefakte und ihre Korrekturen</li><li>○ Medizinischen Anwendungsgebiete</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundlagenfächer des Bachelor
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS ; (42 h Präsenzzeit + 108 h Selbständiges Arbeiten)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Mündliche Prüfung (30 Min) oder Klausur (120 min) / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. G. Rose, FEIT



**Literaturhinweise:**

- Computer-Tomographie. W.A.Kalender. Publicis MCD Verlag (2000)
- Computed Tomography. W.A. Kalender. Wiley & Sons (2005)
- O. Dössel: Bildgebende Verfahren in der Medizin, Springer, 2000
- Principles of Computerized Tomographic Imaging. A.C. Kak, and M. Slaney. SIAM, Philadelphia (1988)
- H. Morneburg (Hrsg.): Bildgebende Systeme für die medizinische Diagnostik, 3. Aufl. , Publicis MCD Verlag, 1995
- Ed. S. Webb: The Physics of Medical Imaging, Adam Hilger, Bristol, 1988
- The Fourier Transform and its Applications. R.N. Bracewell. McGraw-Hill (1986)



## 6.8. Environmental Biotechnology

**Course:**

Selective module for the master course Biosystemtechnik

**Module:**

Environmental Biotechnology

**Objectives:**

The students have a deeper understanding in microbiological fundamentals. They are able to characterize the industrial processes of the biological waste gas and biogenic waste treatment and the corresponding reactors and plants. They know the fundamentals of the reactor and plant design. They realise the potential of biotechnological processes for the environmental engineering, for more sustainable industrial processes or for the substitution of chemical reactions.

**Contents:**

- Biological Fundamentals (structure and function of cells, energy metabolism, turnover/degradation of environmental pollutants)
- Biological Waste Gas Treatment (Biofilters, Bioscrubbers, Trickle Bed Reactors)
- Biological Treatment of Wastes (Composting, Anaerobic Digestion)
- Bioremediation of Soil and Groundwater
- Prospects of Biotechnological Processes – Benefits for the Environment:

**Teaching:**

Lectures/Presentation, script, company visit; (winter semester)

**Prerequisites:**

fundamentals of process engineering

**Workload:**

Lectures: 28 h (2 SWS), Private studies: 62 h

**Examination/Credits:**

Written (90 min.) / 3 CP

**Responsible lecturer:**

Dr. D. Benndorf, FVST

**Literature:**

M. Moo-Young, W. A. Anderson, A. M. Chakrabarty (Eds.): Environmental Biotechnology: Principles and Applications; Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London 1996, another literature in the lecture





## 6.9. Ereignisdiskrete Systeme

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Ereignisdiskrete Systeme
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten sind in der Lage, ereignisdiskrete Systeme zu modellieren, Eigenschaften von ereignisdiskreten Systemen zu analysieren und Verfahren zum Entwurf von Systemen zur Beeinflussung ereignisdiskreter Systeme strukturiert zu entwickeln.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– Einführung in ereignisdiskrete Systeme</li><li>– Diskrete Signale und Systeme</li><li>– Grundlagen der Graphentheorie</li><li>– Analyse von Graphen</li><li>– Deterministische Automaten</li><li>– Nichtdeterministische Automaten</li><li>– Grundlagen der Petri-Netz-Theorie</li><li>– Analyse von Automaten</li><li>– Netze mit Zeitbewertung</li><li>– Einsatz von Automaten, Graphen und Netzen in der Automatisierungstechnik</li><li>– Implementation von Netzen auf Speicherprogrammierbaren Steuerungen</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung; (SS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Steuerungstechnik
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS ; (42 h Präsenzzeit + 78 h Selbständiges Arbeiten)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Übungsschein/Schriftliche Prüfung (90 min) / 4CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr.-Ing. J. Ihlow, Prof. R. Findeisen, FEIT
<b>Literaturhinweise:</b> Lunze, J.: Ereignisdiskrete Systeme. Oldenburg Verlag, 2006 Cassandras, Ch.G.; Lafortune, St.: Introduction to Discrete Event Systems. Springer Verlag, 2008



## 6.10. Experimentelle Prozessanalyse / Systemidentifikation

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Experimentelle Prozessanalyse / Systemidentifikation
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden sind in der Lage, mathematische Modelle mit Hilfe linearer und einfacher nichtlinearer Ansätze der Systemidentifikation aus experimentellen Daten zu bestimmen.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Einführung: Motivation, Modelle und Methoden</li><li>• Direkte Identifikation im Zeitbereich</li><li>• Direkte Identifikation im Frequenzbereich</li><li>• Transformation zwischen Zeit- und Frequenzbereich</li><li>• Adaptive Identifikation, Parameterschätzverfahren</li><li>• Nichtlineare Systeme</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesungen, Übungen; (SS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematische Grundlagen, Regelungs- und Steuerungstechnik
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeiten wöchentliche Vorlesung 2 SWS 14tägige Übungen à 2h = 1 SWS selbstständiges Arbeiten Nacharbeiten der Vorlesungen, Lösung der Übungsaufgaben und Prüfungsvorbereitung
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> 4 CP = 120h (42h Präsenzzeit + 78h selbstständige Arbeit) Notenskala gemäß Prüfungsordnung
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. A. Kienle, FEIT
<b>Literaturhinweise:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1) Unbehauen, H.: Regelungstechnik 1 – Klassische Verfahren zur Analyse und Synthese linearer kontinuierlicher Regelsysteme. Vieweg Verlag, Braunschweig/Wiesbaden, 2002.</li><li>2) Unbehauen, H.: Regelungstechnik 3 – Identifikation, Adaption und Optimierung. Vieweg Verlag, Braunschweig/Wiesbaden, 2002.</li><li>3) Norton, J.P.: An Introduction to Identification. Academic Press, New York, 1986.</li></ol>



## 6.11. Grundlagen stochastischer Prozesse in biophysikalischen Systemen

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Grundlagen stochastischer Prozesse in biophysikalischen Systemen
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Auf mesoskopischer Skala unterliegen dynamische Prozesse oft natürlichen Schwankungen, die durch geringe Molekülzahlen oder komplizierte Prozesse auf mikroskopischer Skala verursacht werden. Die Vorlesung bietet eine theoretisch fundierte Einführung in die Beschreibung stochastischer Prozesse mittels Mastergleichung, Fokker-Planck Gleichungen und stochastischen Differential-gleichungen. Besonderen Wert wird auf die Beziehung zwischen diesen 3 Modellierungsformen und deren jeweilige Grenze in ihrer Anwendbarkeit gelegt. Durch Übungsaufgaben, sowie viele explizit vorgerechnete Anwendungsbeispiele können die Studenten die jeweils passende Methode auswählen und auf andere Problemstellungen übertragen. Dadurch sind sie in der Lage, Fluktuationen in dynamischen Systemen quantitativ zu beschreiben.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Eigenschaften stochastischer Prozesse (Stationarität, Homogenität, Ergodizität, spektrale Eigenschaften und Wiener-Khinchin Theorem)</li><li>• Markoprozesse und Chapman-Kolmogorov Gleichung</li><li>• Herleitung der Mastergleichung aus der Chapman-Kolmogorov Gleichung</li><li>• Approximation der Mastergleichung durch eine Fokker-Planck Gleichung (Kramers-Moyal Entwicklung oder van Kampen Entwicklung)</li><li>• Stochastische Differentialgleichungen (Fluktuations-Dissipationstheorem, Interpretation nach Ito und Stratonovitch)</li><li>• Äquivalenz zwischen Fokker-Planck Gleichung und stochastischen DGLs</li><li>• Spezielle stochastische Prozesse/Verteilungen: Poisson Prozess, "Random Walk", Gauss-Prozess, Ornstein-Uhlenbeck-Prozess, Negative Binomialverteilung, Gammaverteilung</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> 1 Vorlesung (2 SWS), 1 Übung (1 SWS) und Selbststudium; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundlagenfächer des Bachelor
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt: 120 h Präsenzzeit: 42 h, Vorlesung: 28 h, Übungen: 14 h, Selbststudium: 78 h
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> ÜS/Klausur (120 min) / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> PD Dr. R. Straube, MPI Magdeburg
<b>Literaturhinweise:</b> N. G. van Kampen. Stochastic Processes in Physics and Chemistry, North-Holland 1992 C. W. Gardiner. Handbook of Stochastic Methods for Physics, Chemistry and the Natural Sciences, Springer-Verlag Berlin 2004



## 6.12. Mathematische Modellierung physiologischer Systeme

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Mathematische Modellierung physiologischer Systeme
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden verfügen am Ende des Moduls über Kenntnisse zur mathematischen Modellierung ausgewählter physiologischer Systeme auf der Basis der entsprechenden physikalisch-chemischen Grundgesetze. Im Rahmen von Übungen lernen sie die betrachteten physiologischen Systeme mit Hilfe geeigneter Simulationswerkzeuge auf dem Rechner zu simulieren und erhalten so einen vertieften Einblick in deren Funktionsweise. Nach erfolgreicher Beendigung des Moduls sollen sie im Rahmen einer forschungsorientierten Tätigkeit in der Lage sein, die erlernten Methoden und Werkzeuge auch auf erweiterte Fragestellungen aus den behandelten Themenbereichen oder verwandte Fragestellungen aus anderen Themenbereichen anzuwenden.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Herz-Kreislauf-System</li><li>• Regelung des Zellvolumens und elektrische Eigenschaften von Zellen</li><li>• Signalübertragung von Nervenzellen</li><li>• Signalverarbeitung in der Retina</li><li>• Signalverarbeitung im Ohr/Ohrimplantate</li><li>• Populationsdynamische Modellierung biologischer Systeme</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesungen, Übungen
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematische und physikalische Grundlagen, Grundlagen der Systemtheorie/Signale und Systeme
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeiten: 1 SWS Vorlesung, 1 SWS Übung, Selbstständige Arbeit: Nacharbeiten der Vorlesung, Lösung der Übungsaufgaben und Prüfungsvorbereitung
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> 2 SWS (28 h Präsenzzeit + 92 h selbstständige Arbeit) / Mündliche Prüfung / 5 CP Notenskala gemäß Prüfungsordnung
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. A. Kienle, FEIT
<b>Literaturhinweise:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1) Silbernagl, S.; Despopoulos, A.: Taschenatlas der Physiologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2003.</li><li>2) Hoppensteadt, F.C.; Peskin, C.S.: Modeling and Simulation in Medicine and the Life Sciences. Springer-Verlag, Berlin, 2002.</li><li>3) Keener, J.; Sneyd, J.: Mathematical Physiology. Springer-Verlag, Berlin, 1998.</li></ol>



### 6.13. Micro Process Engineering

<b>Course:</b> Selective Module for the master course Biosystemtechnik
<b>Module:</b> Micro Process Engineering (Aussetzung bis auf Weiteres)
<b>Objectives:</b> The lectures provides for the students insight view in theoretical and practical basics and applications of modern methods and processes in micro process technology. The students acquire especially knowledge about practical use options, plant concepts and plant designs. The students apply the knowledge on corresponding examples and are able to connect concepts and system in an optimal way. By referring to relevant industrial examples the students are skilled, to understand, to control, to optimize and to design technical processes using micro structure apparatuses and elements.
<b>Contents:</b> Production of micro structured components Important micro devices: mixers, heat exchanger, reactors Separation in micro systems Liquid phase reactions in micro reactors Preparation of heterogeneous catalysts into micro channels Gas phase reactions in micro systems Process application at micro and macro scales: Comparison, safety aspects
<b>Teaching:</b> full-time lecture of 4 days with practical lab part, (winter semester)
<b>Prerequisites:</b> Thermodynamics, Process Systems Engineering, Reaction Technology
<b>Workload:</b> 2 SWS Lecture time: 28 hours, Self study time: 48 hours
<b>Examination/Credits:</b> Oral exam (M45) / 3 CP
<b>Responsible lecture:</b> N.N.
<b>Literature:</b> W. Ehrfeld, V. Hessel, H. Löwe: Microreactors, Wiley-VCH, Weinheim, 2000, V. Hessel, S. Hardt, H. Löwe: Chemical Micro Process Engineering: Fundamentals, Modeling and Reactions, Wiley-VCH, Weinheim, 2004, V. Hessel, S. Hardt, H. Löwe: Chemical Micro Process Engineering: Processing, Applications and Plants, Wiley-VCH, Weinheim, 2004, W. Menz, J. Mohr, O. Paul: Microsystem Technology, Wiley-VCH, Weinheim, 2001



#### 6.14. Modellierung und Simulation der biologischen Prozesse in Abwasserreinigungs- und Biogasanlagen

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik

**Modul:**

Modellierung und Simulation der biologischen Prozesse in Abwasserreinigungs- und Biogasanlagen

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Ziel des Moduls ist der Erwerb von Kompetenzen zur Methode der dynamischen Simulation als ingenieurtechnisches Instrumentarium für die Planung von abwasser-technischen Anlagen und Biogasanlagen. Als Grundlage der Simulation von biologischen Kläranlagen und Biogasanlagen werden Kenntnisse zu Modellen der biologisch-chemischen Umwandlungsprozesse und zu ergänzenden Modellen (z. B. Sedimentationsmodelle) vermittelt. Dabei wird auf die grundlegenden Methoden der Modellerstellung über theoretische Prozessanalysen und teilweise auch auf Ansätze zur experimentellen Prozessidentifikation und experimentellen Bestimmung der erforderlichen Eingangsdaten eingegangen. Das Modul zielt auf ein fundiertes Verständnis der Standard-Belebtschlammmodelle (z. B. ASM3 – Activated Sludge Model No. 3) und Standard-Modelle für die anaerobe Vergärung/Biogaserzeugung (z. B. ADM 1 – Anaerobic Digestion Model No. 1). Die Methodik zur Durchführung von Simulationsstudien wird vermittelt und am Beispiel eines konkreten Simulationssystems demonstriert. Die Anwendungsmöglichkeiten der Simulation zur Auslegung von Anlagen und Unterstützung sowie Optimierung der Prozessführung werden diskutiert.

**Inhalt:**

- Einführung in das Modul mit: Struktur des Moduls, organisatorische Fragen, inhaltliche Abgrenzung, Beschreibung der Anwendungsfelder der Simulation anhand von Beispielen, Kompetenzvermittlung zu Grundlagen der Modellierung, zu Stoffbilanzen, Erhaltungssätzen, Reaktortypen (CSTR, PFR, SBR).
- Kompetenzvermittlung zur Modellierung mikrobiologischer Prozesse mit den Schwerpunkten: Ernährungstypen, Kinetik, Stöchiometrie, Vorstellung der Belebtschlammmodelle (ASM-Modelle).
- Vermittlung von Kenntnissen zu Stoffgruppen und Prozessen zur Beschreibung der Stickstoff- und Kohlenstoffelimination sowie zu Stoffgruppen und Prozessen zur Beschreibung der biologischen und chemischen Phosphorelimination.
- Vermittlung von Kenntnissen zum vierstufigen Prozess der anaeroben Vergärung/Biogaserzeugung, Unterschied zwischen Faulturm (Klärschlammvergärung) und Biogasanlage, Vorstellung der verschiedenen Betriebsweisen und Bauformen von Biogasanlagen.
- Vermittlung von Kenntnissen zur Charakterisierung der für die Biogaserzeugung verwendeten komplexen Substrate (Weender Analyse und Erweiterung nach Van Soest) und zur Implementierung dieser Daten in das Simulationsprogramm.
- Kompetenzvermittlung zur Modellierung der vierstufigen anaeroben Vergärung, Vorstellung der Faulungsmodelle von Siegrist, Vorstellung des Modells ADM1 und der davon abgeleiteten Varianten/Erweiterungen.
- Vorstellung eines allgemeinen Simulationssystems (MATLAB/SIMULINK/SIMBA bzw. SIMBA#); Vermittlung von Kompetenzen zu Modellaufbau (Auswahl und Verschaltung von Simulationsblöcken), Zulaufmodellierung und Datenaufbereitung, Modellkalibrierung und Modellverifikation.
- Anwendung der Simulation: Demonstration der verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten der Simulation an ausgewählten Beispielen für die Bereiche Abwasserreinigung und Biogaserzeugung.

**Lehrformen:**

Vorlesung (1 SWS) als Blockveranstaltung, ggf. mit begleitender Übung (als Simulationspraktikum im Ifak)



**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Der vorherige oder parallele Besuch der Lehrveranstaltung „Abwasserreinigung und Klärschlamm Entsorgung“ wird empfohlen.

**Arbeitsaufwand:**

2 SWS

Präsenzzeit: 28 Stunden, Selbststudium: 62 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

- / M / 3 CP

**Modulverantwortlicher:**

**Lehrende:**

PD Dr. habil. F. Uhlenhut / Dr. P. Biernacki

**Literaturhinweise:**

- Wichern, M. (2010) Simulation biochemischer Prozesse in der Siedlungswasser-wirtschaft: Lehrbuch für Studium und Praxis, Deutscher Industrie-Verlag, ISBN-10: 3835631799.
- Uhlenhut, F. (2014) Modellierung biologischer Prozesse in Abwasserbehandlungs-anlagen und Biogasanlagen, docupoint Verlag, ISBN-10: 3869120940



## 6.15. Moderne Analysemethoden / Instrumentelle Analyse

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Moderne Analysemethoden / Instrumentelle Analyse
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Die Studierenden entwickeln Fertigkeiten im Umgang mit hochwertigen Messgeräten.</li><li>• Sie erwerben die Fähigkeit, aus einer Vielzahl nutzbarer Analysemethoden und Charakterisierungstechniken eine optimale Auswahl zur Problemlösung treffen zu können.</li><li>• Das analytische, logische und fachgebietsübergreifende Denken wird geschult.</li><li>• Sie erwerben die Kompetenz, Kenntnisse über die Stoffe und ihre Eigenschaften mit den Möglichkeiten der Messtechnik zu verknüpfen.</li></ul>
<b>Inhalt:</b> Die Vorlesung liefert die zum Verständnis der einzelnen Methoden notwendigen Grundlagen und das für die Anwendung in der Produktcharakterisierung/Analytik Wesentliche in komprimierter Form. Die apparative Umsetzung und die Übungen zur Interpretation der Untersuchungsergebnisse bilden die zweite Säule der aus Vorlesung und Übung bestehenden Moduls. <ul style="list-style-type: none"><li>• Organische Elementaranalyse</li><li>• Massenspektrometrie</li><li>• Infrarotspektroskopie</li><li>• Kernmagnetische Resonanzspektroskopie</li><li>• Röntgenpulverdiffraktometrie</li><li>• REM</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesungen, Übungen; (SS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> unbenoteter LN für die Übung / K 90 / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. S. Busse, FVST <b>Lehrende:</b> Dr. L. Hilfert; Dr. A. Lieb, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Spektroskopische Methoden in der organischen Chemie; Hesse, Meier, Zeeh; Thieme</li><li>- Otto "Analytische Chemie"</li><li>- Skoog/Leary "Instrumentelle Analytik"</li><li>- Welz/Sperling "Atomabsorptionsspektrometrie"</li><li>- Skripte zu den einzelnen Methoden</li></ul>



**6.16. Molecular Modeling / Computational Biology and Chemistry**

<b>Course:</b> Selective module for the master course Biosystemtechnik
<b>Module:</b> Molecular Modelling/Computational Biology and Chemistry
<b>Objectives:</b> In this module, students are getting to know different approaches to model questions from chemical and biological fields. The lecture conveys basis principles of modelling chemical and biological intermolecular interactions. Different approaches on different time and spatial scales will be discussed with particular emphasis on providing answers to scientific questions. Theoretical knowledge will be put in practice during exercises in the computer lab. Simple problems will be dealt with independently and typical approaches from a professional perspective from biotechnology and chemical industry will be treated. The students are to acquire competences and practical experience for their professional life. They are getting to know how to apply and evaluate molecular simulations and computational approaches as independent tools to solve problems.
<b>Contents</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Introduction, time and size scales of interactions</li><li>• Intermolecular interactions (hydrogen bonding, electrostatics, van der Waals)</li><li>• Protein structures, bioinformatics, protein structural modeling</li><li>• Electrostatic interactions and Brownian dynamics</li><li>• Molecular dynamics simulations (proteins, conformational changes)</li><li>• Quantum chemistry (introduction, examples)</li><li>• Additional methods (ab initio molecular dynamics, calculation of experimental observables)</li></ul>
<b>Teaching</b> Lecture 2SWS, Tutorial 1SWS (winter semester)
<b>Prerequisites:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Courses in physics, chemistry and biology</li><li>• Basic computational knowledge (i.e. Linux)</li><li>• Language: English</li></ul>
<b>Workload:</b> Lectures and tutorials: 42 hrs. (28/14) Private studies: 78 hrs.
<b>Examination/Credits:</b> Project work and documentation (50%), oral examination (50%) / 4 CP
<b>Responsible lecturer:</b> Dr. M. Stein, MPI Magdeburg



#### Literature

- Andrew R. Leach: Molecular Modelling - Principles and Application, Pearson 2001.
- H.D. Höltje, W. Sippl, D. Rognan, G. Folkers: Molecular Modeling, Wiley-VCH 1996.
- D. Frenkel, B. Smit: Understanding molecular simulation: from algorithms to applications, Acad. Press, 2007.
- D. Higgin, W. Taylor: Bioinformatics: sequence, structure, and databanks ; a practical approach, Oxford University Press, 2000.
- Wolfram Koch; Max C. Holthausen: A chemist's guide to density functional theory, Wiley-VCH, 2008.



## 6.17. Molekulares Modellieren

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Molekulares Modellieren
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten haben theoretische und praktischen Fähigkeiten zum Einsatz verschiedener Modellierungswerkzeuge für diskrete Systeme von Partikeln, Gruppen von Molekülen, Molekülen und Atomen auf verschiedenen Raum- und Zeitskalen mit besonderem Bezug auf den Einsatz in technisch-ingenieurwissenschaftlichen Gebieten erlangt. Die Studenten können die modelltheoretischen Kenntnisse mit verschiedenen numerischen Verfahren verknüpfen, und damit die molekulare Simulation am Computer als eigenständiges Ingenieurswerkzeug erlernen und nutzen. An einfachen Problemstellungen ausgewählter verfahrenstechnischer Prozesse erwerben die Studenten Kompetenzen, die jeweils adäquate Modellierung mit dem geeigneten Verfahren zu verknüpfen und somit übertragbares Wissen für einen späteren industriellen Arbeitsalltag zu erlangen.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Einführung, Konzepte und Grundlagen des molekularen Modellierens</li><li>• Simulationswerkzeuge für verschiedene Raum- und Zeitskalen</li><li>• Monte-Carlo-Methoden: Einführung, Gleichgewichtsmethoden, Dynamische Methoden, Anwendung für Emulsionstropfen, Partikel und Diffusion</li><li>• Molekulardynamik: Grundlagen, Potentiale, Anwendung für Diffusion und Keimbildung</li><li>• Quantenmechanik: Einführung, Kraftfelder, Dichtefunktionale</li><li>• Aktuelle Entwicklungen: Methoden, Algorithmen, Software</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> 2 SWS Vorlesung, 1 Computerlabor-Übung; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Mathematik I und II, Simulationstechnik
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Projektarbeit, Mündliche Prüfung (M45) / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. A. Voigt, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> Andrew Leach, Molecular Modelling - Principles and Application, Pearson 2001, M. Griebel, Numerische Simulation in der Moleküldynamik, Springer 2004.



## 6.18. Nichtlineare Dynamik

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Nichtlineare Dynamik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <i>Fachliche Kompetenzen:</i> Die Studierenden haben Grundkenntnisse auf dem Gebiet der Behandlung nichtlinearer Probleme in den Naturwissenschaften. Sie werden mit den wichtigsten Begriffsbildungen dieses Gebietes vertraut gemacht und erwerben Fertigkeiten zur mathematischen Behandlung nichtlinearer Problemstellungen. Die Studierenden sollen in der Lage sein, einfache nichtlineare Phänomene selbstständig zu erkennen, zu analysieren, Problemlösungen zu erarbeiten und mathematisch darzustellen. Sie stellen Bezüge zu interdisziplinären Anwendungen in Physik, Chemie und Biologie her. Sie werden dazu befähigt, selbstständig Literaturrecherche und Studium der Fachliteratur zu betreiben.  <i>Soziale Kompetenzen:</i> Die Studenten vervollkommen Fähigkeiten zur wissenschaftlichen Argumentation und zur kompetenten, verständlichen Darstellung physikalischer Probleme und deren Lösung. Die Vorlesung liefert Voraussetzungen für die Lehrveranstaltung „Selbstorganisation in der Biophysik“.
<b>Inhalt:</b> Einführung in die grundlegenden Begriffe und Beschreibungsmethoden nichtlinearer Systeme, darunter 1) Grundlagen der Beschreibung deterministischer dynamischer Systeme, Phasenräume und Phasenfluss 2) Stabilität von Fixpunkten und Trajektorien 3) Bifurkationen, Katastrophen 4) nichtlineare Oszillationen in Physik, Chemie und Biologie, erregbare Systeme 5) Solitonen 6) deterministisches Chaos 7) Fraktale
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung; (SS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundlagenfächer des Bachelor
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS ; (42 h Präsenzzeit + 108 h Selbständiges Arbeiten)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> ÜS/Klausur (120 min) / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. R. Stannarius, FNW



**Literaturhinweise:**

Schuster: Deterministisches Chaos

Gerthsen: Physik



### 6.19. Nonlinear Systems (Nichtlineare Systeme)

<b>Course:</b> Selective module for the master course Biosystemtechnik
<b>Module:</b> Nonlinear Systems (Nichtlineare Systeme)
<b>Objectives:</b> The students will learn the fundamental concepts in the theory of nonlinear ordinary differential equations with some applications to control problems. The course addresses first the general questions of existence and uniqueness and then turns to the geometric theory of integral manifolds as a main tool for investigations of stability and bifurcations. Finally the students will study various model reduction methods, e.g. by projections, by center manifolds or by the theory of singular perturbations. The motivating and illustrating applications are taken from the natural sciences (biology, chemistry, physics) as well as from the fields of bio-chemical and electrical engineering.
<b>Contents:</b> Fundamental theorems on existence, uniqueness and sensitivities Invariant and integral manifolds for model reductions Stability and bifurcations Geometric singular perturbation theory and model reduction
<b>Teaching:</b> lectures and seminars (exercise sessions); (summer semester) Note: A continuation, called <i>Model Reduction</i> , of the course may be considered.
<b>Prerequisites:</b> Requirements: the basic math-courses for 5th/7th semester engineering students
<b>Workload:</b> lecture and exercises: 56 hours, private studies: 94 hours Coverage: 2 hours per week class + 2 hours per week seminar (56h) plus self-study (94h)
<b>Examination/Credits:</b> Exam: written (maybe oral) / 5 CP
<b>Responsible lecture:</b> Prof. D. Flockerzi, FEIT
<b>Literature:</b> Edelstein-Keshet L.: Mathematical Models in Biology, SIAM 2005 Flockerzi D.: Scriptum, 2011 Meiss J.D.: Differential Dynamical Systems, SIAM 2007



## 6.20. Optimal Control

**Course:**

Selective module for the master course Biosystemtechnik

**Module:**

Optimal Control

**Objectives:**

The module provided an introduction to the formulation, theory, solution and application of optimal control theory/dynamic optimization. The students are able to formulate and solve optimal control problems appearing in many applications spanning from medicine, process control up to systems biology. Besides the theoretical basis numerical solution approaches for optimal control problems had been provided.

**Contents:**

- Static optimization
- Numerical algorithms
- Dynamic programming, principle of optimality, Hamilton-Jacobi-Bellman equation
- Variational calculus,
- Pontryagin maximum principle
- Numerical solution of optimal control problems
- Infinite and finite horizon optimal control, LQ optimal control
- Model predictive control
- Game theory
- Application examples from various fields such as chemical engineering, economics, aeronautics, robotics, biomedicine, and systems biology

**Teaching:**

Lecture with exercises; (winter semester)

**Prerequisites:**

Basic subjects from Bachelor

**Workload:**

3 hours per week ; (42 h Lecture and exercises + 78 h private studies)

**Examination/Credits:**

Project and exercise exam/written exam (120 min) / 4CP

**Responsible lecture:**

Prof. R. Findeisen, FEIT

**Literature:**

- [1] F. L. Lewis, V. L. Syrmos: Optimal Control, J. Wiley & Sons
- [2] D. E. Kirk: Optimal Control Theory, An Introduction, Dover Publications
- [3] A. E. Bryson, Jr., Yu-Chi Ho: Applied Optimal Control, Optimization, Estimation and Control, Taylor & Francis



## 6.21. Physikalische Aspekte von Membranen

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Physikalische Aspekte von Membranen
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> Die Studierenden kennen die Grundlagen der Physik und physikalischen Chemie von Membranen. In dieser Vorlesung liegt der Schwerpunkt auf der Physik von biologischen Membranen. Die Studierenden sollen in der Lage sein, Forschungsprojekte, die Physik von Membranen beinhalten, durchführen zu können.
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Definition von Membran</li><li>• Funktionen von biologischen Membranen</li><li>• Lipid- und Membranstruktur; Zusammensetzung von Membranen</li><li>• Physikalische Eigenschaften von Membranen (Fluidität von Membranen, elektrokinetische Phänomene)</li><li>• Transport durch die Membran (Osmose, Ladungstransport, Goldman-Gleichung)</li><li>• Physikalische Grundlagen der Form/Gestalt der Membranen und Vesikel.</li><li>• Energetik der Membranen</li><li>• Erregbare Membranen und sich daraus ergebende Aspekte der Physiologie von Nerven.</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (2 SWS), Übung (1 SWS) und Selbststudium; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Bachelor-Abschluss in Biosystemtechnik
<b>Dauer des Moduls:</b> ein Semester
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 42 h, Vorlesung: 28 h, Übungen: 14 h, Selbststudium: 78 h
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> Einmal pro Jahr
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Teilnahmeschein / 4 CP
<b>Modulprüfung:</b> Schriftliche oder mündliche Prüfung. Dauer: 60 – 90 min





**Modulverantwortlicher:**

PD Dr. M. Hauser, FNW

**Literaturhinweise:**

E. Sackmann, E. Merkel: Lehrbuch der Biophysik

O. Mouritsen: Life as a matter of fat



## 6.22. Physikalische Chemie II

**Studiengang:**

Wahlpflichtfach Master Biosystemtechnik

**Modul:**

Physikalische Chemie II: Aufbau der Materie

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Die Studierenden sind vertraut mit wichtigen Gesetzmäßigkeiten und Messmethoden der Physikalischen Chemie. Behandelt werden, aufbauend auf dem Modul „Physikalische Chemie“, überwiegend mikroskopische Zusammenhänge aus den Bereichen Aufbau der Materie und Chemische Bindung. Die Studierenden erwerben die Kompetenz, modernen Entwicklungen der Chemie, Physik und auch Verfahrenstechnik (z.B. im Bereich „Molecular Modeling“) folgen zu können.

**Inhalt:**

Parallel zur Vorlesung, die hier in 7 Blöcke á je 4 Unterrichtsstunden (2 Semesterwochen) gegliedert ist, werden Rechenübungen, in denen die Studierenden die Lösung entsprechender physikalisch-chemischer Probleme üben sollen, sowie ein Praktikum mit begleitendem Seminar durchgeführt, in dem Versuche aus dem in der Vorlesung behandelten Gebiet durchgeführt werden.

**Block 1:**

Versagen der klassischen Physik: schwarzer Strahler, Photoeffekt, Teilchenbeugung; Well-Teilchen-Dualismus; Spektrum des Wasserstoffatoms; Bohr-Modell

**Block 2:**

Schrödinger-Gleichung (SG) und Wellenfunktionen; Heisenberg'sche Unschärferelation; Teilchen im Kasten; Tunneleffekt; harmonischer Oszillator

**Block 3:**

Wasserstoff-Atom (quantentechnische Betrachtung); Behandlung von Mehrelektronensystemen (Pauli-Prinzip, Aufbau-Prinzip, Hund'sche Regel); HF-SCF-Atomorbitale

**Block 4:**

Behandlung von Molekülen: Born-Oppenheimer-Prinzip, Linearkombination von AO, Variationsprinzip; Hybridisierung; Übersicht über moderne Methoden (ab initio, DFT)

**Block 5:**

Grundlagen spektroskopischer Methoden: Auswahlregeln, Lambert-Beer-Gesetz, Franck-Condon-Prinzip; Fluoreszenz, Phosphoreszenz; UV/VIS-Spektroskopie; Infrarot- und Raman-Spektroskopie; NMR-Spektroskopie

**Block 6:**

Konzepte der statistischen Thermodynamik: Verteilungsfunktionen, kanonisches Ensemble, Anwendung; Molekulare Wechselwirkungen: Dipolmomente, Polarisierbarkeiten, Repulsion und Attraktion

**Block 7:**

Makromoleküle und Aggregate: Struktur und Dynamik, Form und Größe, „Self-Assembly“; Eigenschaften von Festkörpern

**Lehrformen:**

Vorlesung, Rechenübungen, Praktikum, Seminar zum Praktikum (mit Vorträgen der Praktikumssteilnehmer), (WS); (5. Semester)

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Module Mathematik I, Mathematik II, Physikalische Chemie

**Arbeitsaufwand:**

6 SWS

Präsenzzeit: 84 Stunden, Selbststudium: 126 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Mündliche Prüfung/benoteter Leistungsnachweis für das Praktikum / Seminar / 7 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. Dr. H. Weiß, FVST

**Lehrender:**

PD Dr. J. Vogt, FVST

**Literaturhinweise:**

- Atkins, Peter W.; De Paula, Julio; „Physikalische Chemie“, Wiley-VCH
- Atkins, Peter W.; De Paula, Julio; „Kurzlehrbuch Physikalische Chemie“, Wiley-VCH
- Wedler, Gerd; „Lehrbuch der Physikalischen Chemie“, Wiley-VCH



### 6.23. Plant and apparatus engineering in solid-state process engineering: design, implementation and problem-solving

<b>Course:</b> Selective module for the master course Biosystemtechnik
<b>Module:</b> Plant and apparatus engineering in solid-state process engineering: design, implementation and problem-solving
<b>Objectives:</b> The students understand the basic procedure in the design, implementation and problem solving of apparatus and plant engineering concepts in solid-state process engineering. Based on examples from industrial practice, the students should be taught the ability to abstract the process to such an extent that an estimate of the size of the plant, the achievable throughputs and the necessary energy inputs is possible with simple means. It will be shown how these simple estimates can initially be used as the basis for a system design and later be superseded by more complex models. For the more complex process modeling, temporal and spatially distributed models or also population dynamic models are used depending on the complexity of application. The application examples used in the lecture are essentially drying and granulation processes in which solids are treated by means of convection and contact dryers.
<b>Contents:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Basics apparatus and plant engineering</li><li>2. Basics of process design</li><li>3. Drying and granulation processes in solid process technology</li><li>4. Design of convection dryers (mass and energy balances)</li><li>5. Design of contact dryers (mass and energy balances)</li><li>6. Heat and mass transfer in convection and contact dryers</li><li>7. Application examples and case studies from industrial practice</li></ol>
<b>Teaching:</b> lectures and tutorials; (summer semester)
<b>Prerequisites:</b>
<b>Work load:</b> 3 hours per week, lectures and tutorials: 42 h, private studies: 78 h
<b>Examinations/Credits:</b> Oral / 4 CP
<b>Responsible lecturer:</b> Hon.-Prof. M. Peglow, FVST
<b>Literature:</b> Lecture notes, Selected scientific publications in the field



## 6.24. Process control

<b>Course:</b> Selective module for the master course Biosystemtechnik
<b>Module:</b> Process Control
<b>Objectives:</b> Students should <ul style="list-style-type: none"><li>• learn fundamentals of multivariable process control with special emphasis on decentralized control,</li><li>• gain the ability to apply the above mentioned methods for the control of single and multi unit processes,</li><li>• gain the ability to apply advanced software (MATLAB) for computer aided control system design.</li></ul>
<b>Contents:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Introduction</li><li>2. Process control fundamentals<ul style="list-style-type: none"><li>• Mathematical models of processes</li><li>• Control structures</li><li>• Decentralized control and Relative gain analysis</li><li>• Tuning of decentralized controllers</li><li>• Control implementation issues</li></ul></li><li>3. Case studies</li><li>4. Plantwide control</li></ol>
<b>Teaching:</b> Lecture and exercises/tutorials; (summer semester)
<b>Prerequisites:</b> Basic subjects from Bachelor
<b>Workload:</b> 3 hours per week; (42 h time of attendance and 108 h autonomous work)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> project report / oral test / 5CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Dr. A. Kienle, FEIT <b>Lehrende:</b> Dr. A. Disli-Kienle
<b>Literature:</b> [1] B. Wayne Bequette: Process Control, Pearson Education [2] W. L. Luyben, B. D. Tyreus, M. L. Lyben: Plantwide Process Control, Mc-Graw-Hill [3] G. Stephanopoulos: Chemical Process Control, Prentice Hall



## 6.25. Produktgestaltung in der stoffumwandelnden Industrie

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Produktgestaltung in der stoffumwandelnden Industrie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden können Aufgabenstellung und Rahmenbedingungen der Produktgestaltung in der stoffumwandelnden Industrie klar einschätzen. Sie haben erkannt, dass die Produktgestaltung nicht nur über die Zusammensetzung, sondern auch (insbesondere für Feststoffe) über die Struktur erfolgt, und haben sich anhand von Beispielen mit Arbeitstechniken zur Produktgestaltung vertraut gemacht. Auf dieser Basis können sie die Entwicklung neuer oder die Verbesserung vorhandener Produkte systematisch vorantreiben und dabei auch den Zusammenhang mit der Effizienz und Wirtschaftlichkeit von Herstellungsprozessen fundiert berücksichtigen.
<b>Inhalt</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Grundlagen von Produktgestaltung und Produktqualität in der stoffumwandelnden Industrie (Unterschiede zur Fertigungstechnik, Kundenorientierung, Mehrdimensionalität und Komplexität als Chance)</li><li>2. Gestaltung granularer Stoffe (Staubfreiheit, Filtrierbarkeit, Fluidisierbarkeit, Lagerung, Farbe und Geschmack, Rieselfähigkeit, Adhäsion und Kohäsion, Schüttdichte, Redispergierbarkeit und Instantisierung)</li><li>3. Waschmittel (Gestaltung über die Zusammensetzung und Struktur, molekulare Grundlagen und Kräfte, Tenside und ihre Eigenschaften, konkurrierende Qualitätsaspekte, alternative Gestaltungsmöglichkeiten und Produktionsverfahren)</li><li>4. Saubere Oberflächen (Der "Lotus-Effekt", sein molekularer Hintergrund und seine Nutzung, unterschiedliche Wege der technischen Innovation)</li><li>5. Arzneimittel (Wirkstoffe und Formulierungen, Freisetzungseigenschaften, Retard-Eigenschaften, Beschichtungen, Mikrokapseln, Implantate)</li><li>6. Feste Katalysatoren (Qualität der aktiven Zentren, Sinn und Gestaltung von Katalysatorträgern, Katalysatorwirkungsgrad, konkurrierende Aspekte und Lösungen zur Gestaltung von Reaktoren)</li><li>7. Weitere Beispiele; Rekapitulation der Aufgabenstellung und Methodik der Produktgestaltung über die Zusammensetzung sowie über die Struktur, kurze Einleitung in das Qualitätsmanagement</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung, Praktikum; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> M / 4 CP



**Modulverantwortlicher:**

Prof. E. Tsotsas,

**Lehrende:**

Dr. A. Kharaghani, FVST

**Literaturhinweise:**

Eigene Notizen zum Download.



## 6.26. Prozessoptimierung

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Prozessoptimierung
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden verstehen die Grundzüge der numerischen Optimierung, insbesondere mit Blick auf die Anwendung auf technische Systeme. Sie sind in der Lage, aus technischen oder wirtschaftlichen Fragestellungen adäquate Optimierungsprobleme zu formulieren und zu klassifizieren. Die Studierenden haben einen breiten Überblick über verfügbare computergestützte Lösungsverfahren für stationäre Optimierungsprobleme unterschiedlicher Art. Dadurch sind sie in der Lage, angemessene Algorithmen für vorliegende Optimierungsprobleme auszuwählen. Dabei können Sie aufgrund ihrer detaillierten Kenntnisse die Vor- und Nachteile verfügbarer Verfahren gegen einander abwägen. Die in den praktischen Übungen erworbenen Fertigkeiten befähigen die Studierenden, Optimierungsprobleme in Simulationsumgebungen zu implementieren und zu lösen. Die Kenntnisse der Lösungsverfahren erlauben es den Studierenden, die Ergebnisse des Lösungsverfahrens angemessen zu beurteilen; dies gilt sowohl für den Fall des Scheiterns des Verfahrens als auch für die Beurteilung einer gefundenen Näherungslösung.
<b>Inhalt</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Struktur und Formulierung von Optimierungsproblemen (Zielfunktion, Nebenbedingungen, Freiheitsgrade)</li><li>2. Optimierungsprobleme ohne Nebenbedingungen<ol style="list-style-type: none"><li>2.1 Optimalitätsbedingungen (notwendige und hinreichende Bedingungen)</li><li>2.2 Eindimensionale Optimierungsmethoden (äquidistante Suche, Interpolationsverfahren, goldener Schnitt)</li><li>2.3 Mehrdimensionale Optimierungsmethoden; Liniensuchrichtungen (sequentielle Variation der Variablen, steilster Abstieg, konjugierte Gradienten), Nelder-Mead-Verfahren, Newton-Methoden (Newton-Raphson, Quasi-Newton-Methoden, Gauss-Newton für quadratische Probleme)</li><li>2.4 Liniensuchmethoden (Wolfe-Bedingungen, „trust region“-Methode, „dogleg“-Methode, Marquardtverfahren)</li></ol></li><li>3. Optimierungsprobleme mit Nebenbedingungen<ol style="list-style-type: none"><li>3.1 Optimalitätsbedingungen (Karush-Kuhn-Tucker-Bedingungen), Eindeutigkeit der Lösung</li><li>3.2 Nichtlineare Programmierung (reduzierter Gradient, sequentielle quadratische Programmierung, „active set“-Strategie)</li><li>3.3 Straffunktionen, Barrierefunktionen</li><li>3.4 Lineare Programmierung (Simplexmethode nach Dantzig)</li></ol></li><li>4. Globale Optimierung<ol style="list-style-type: none"><li>4.1 Genetische Algorithmen</li><li>4.2 Evolutionäre Algorithmen</li></ol></li><li>5. Optimalsteuerung<ol style="list-style-type: none"><li>5.1 Optimalitätsbedingungen (Euler-Lagrange-Gleichungen) für unbeschränkte und beschränkte Probleme</li><li>5.2 Hamiltonfunktion</li></ol></li></ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b>





**Arbeitsaufwand:**

3 SWS

Präsenzzeit: 42 h, Selbststudium: 78 h

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

K120 / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

Dr. M. Wenzel, FVST

**Literaturhinweise:**

M. Papageorgiou, *Optimierung*, Oldenbourg Verlag, München, 1996

J. Nocedal, S. Wright, *Numerical Optimization*, Springer-Verlag, New York, 2008

T.F. Edgar, D.M. Himmelblau, *Optimization of Chemical Processes*, McGraw-Hill, 1988



## 6.27. Reaktionstechnik in mehrphasigen Systemen

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Reaktionstechnik in mehrphasigen Systemen (Reaktionstechnik II)
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten <ul style="list-style-type: none"><li>• können verweilzeit- bzw. vermischungsbedingte Effekte in realen technischen Reaktoren analysieren und mathematisch quantifizieren</li><li>• sind in der Lage auch detaillierte, mehrdimensionale Reaktormodelle sicher einzusetzen und auf diverse chemische bzw. reaktionstechnische Problemstellungen zu übertragen</li><li>• sind befähigt ein- und mehrphasige Reaktionssysteme zu modellieren und zu bewerten</li><li>• können moderne integrierte Reaktorkonzepte, deren Apparative Umsetzung und Wirtschaftlichkeit einschätzen und sind in der Lage diese in die Praxis zu überführen</li><li>•</li></ul>
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Verweilzeitmodellierung in technischen Reaktoren</li><li>• Reaktormodellierung (Schwerpunkt: 2D)</li><li>• Mehrphasige Reaktionssysteme<ul style="list-style-type: none"><li>- heterogen katalysierte Gasphasenreaktionen, z.B. Festbett- und Wirbelschichtreaktoren</li><li>- Gas-Flüssig-Reaktionen, z.B. Blasensäulen</li><li>- Dreiphasenreaktoren, z.B. Trickle beds</li></ul></li><li>• Polymerisationsreaktionen und -prozesse</li><li>• Innovative integrierte Reaktorkonzepte<ul style="list-style-type: none"><li>- Reverse-Flow-Reaktoren,                      Reaktivdestillation,                      Reaktionschromatographie, Membranreaktoren</li></ul></li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung / Seminare; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Chemie, Stoff- und Wärmeübertragung, Reaktionstechnik
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS, Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> M / 5 CP
<b>Modulverantwortliche:</b> Prof. A. Seidel-Morgenstern Prof. Ch. Hamel, FVST



**Literaturhinweise:**

- O. Levenspiel, Chemical Reaction Engineering, John Wiley & Sons, 1999
- Westerterp, van Swaaij, Beenackers, Chemical reactor design and operations, Wiley, 1984
- M. Baerns, H. Hofmann, A. Renken, Chemische Reaktionstechnik, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1999
- Winnacker-Küchler. Hrsg. von Roland Dittmeyer, Chemische Technik: Prozesse und Produkte, Weinheim, Wiley-VCH, 2005
- G. Ertl, H. Knözinger, F. Schüth, J. Weitkamp, Handbook of Heterogeneous Catalysis, Wiley VCH, 2008
- H. Schmidt-Traub, A. Górak, Integrated reaction and separation operations : modelling and experimental validation, Springer Verlag Berlin, 2006
- Sundmacher, Kienle, Seidel-Morgenstern, Integrated Chemical Processes, Wiley, 2005



## 6.28. Rheologie und Rheometrie

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik

**Modul:**

Rheologie und Rheometrie

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Die Mehrzahl aller fluiden Stoffe mit denen wir umgeben sind, weisen nicht-Newtonsche Eigenschaften auf (Pharmazie- und Medizintechnik, Kosmetikindustrie, Lebensmittelindustrie, Petrochemie, Baustoffindustrie, Keramikindustrie, Farbindustrie, Polymerherstellung...). Das Fließverhalten dieser Stoffe spielt in der Produktions- und Anwendungstechnik, der Qualitätssicherung, der Materialforschung und -entwicklung eine zentrale Rolle.

Mit der Vorstellung rheologischer Phänomene beginnend, werden die physikalischen Eigenschaften wie Viskosität, Elastizität und Plastizität erläutert. Daran schließt sich eine Einteilung und die mathematische Beschreibung der rheologischen Zustandsgleichungen der Medien an. Einfache laminare rheologische Strömungen werden zuerst behandelt, bevor turbulente Eigenschaften diskutiert werden.

Aktuelle Messmethoden und abgeleitete Modelle bilden einen Schwerpunkt der Vorlesung.

Nach der Teilnahme an diesem Modul beherrschen die Studenten alle grundsätzlichen Konzepte, die für die Beschreibung komplexer Fluide notwendig sind. Sie kennen die charakteristischen Eigenschaften nicht-Newtonscher Fluide sowie ihre volkswirtschaftliche Bedeutung und die wichtigsten Einsatzgebiete. Sie sind in der Lage, komplexe Stoffverhalten zu identifizieren, charakterisieren, interpretieren und in theoretische/numerische Modelle einfließen zu lassen. Teilnehmer werden außerdem durch praktische Übungen in die Lage versetzt, Versuche mit Rheometern durchzuführen und die Ergebnisse zu interpretieren.

**Inhalt**

- Grundlagen der Rheologie, Teilgebiete, rheologische Phänomene (Begriffe und Definitionen, Verhalten bei angelegter Spannung, elastische Körper und viskose Körper)
- Physikalische Grundlagen, Erhaltungssätze
- Einfache Deformationsformen
- Rheologische Messprinzipien, Geräte und Methoden (stationäre Methoden, instationäre Methoden, Rheometertypen, Messung anderer rheologischer Parameter)
- Klassifizierung. Ideale Körper: Newtonsche, Hookesche, St.-Venant-Körper; Nicht-Newtonsche zähe Flüssigkeiten: rheostabile, -dynamische, vikoelastische Flüssigkeiten.
- Methoden zur Aufstellung der Fließfunktion (Approximation der Fließkurve, halbtheoretische Ansätze, molekularkinetische Ansätze, mechanische Modelle)
- Einfluss von Temperatur, Druck, Zusammensetzung
- Ingenieurtechnische Anwendungen (Spaltströmung, Rohrströmung, Ringspaltströmung, Breitschlitz-Düse; Rührwerksauslegung, Extruderauslegung)
- Rheologie biologischer und biomedizinischer Fluide

**Lehrformen:**

V.: 2 SWS; Ü.: 1 SWS

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Strömungsmechanik, Thermodynamik, Mechanik

**Arbeitsaufwand:**

3 SWS,

Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden



**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

- / M / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. D. Thévenin, FVST

**Literaturhinweise:**

G. Böhme: Strömungsmechanik nichtnewtonscher Fluide, Teubner Verlag



## 6.29. Selbstorganisation in der Biophysik

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Selbstorganisation in der Biophysik
<b>Ziele des Moduls und zu erwerbende Kompetenzen:</b> Die Studierenden kennen die Prinzipien von Selbstorganisation und Strukturbildung in lebenden Systemen. Zusätzlich zu den Grundlagen werden diese Prinzipien an geeigneten Modellsystemen dargestellt. Die Studierenden sollen das für biologische Systeme essentielle Konzept eines „offenen Systems“ kennenlernen und die sich daraus ergebenden Besonderheiten für die Physik lebender Systeme verstehen lernen.
<b>Inhalte:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Definition von selbst-organisierten Systemen</li><li>• Stationären Strukturen, am Beispiel von Turing-Strukturen und der Phyllotaxis</li><li>• Dynamische Strukturen in erregbaren Medien Dynamik von räumlich-ausgedehnten erregbaren Systemen: Wellen, Spiralen, Wellenausbreitung</li><li>• Dynamische Strukturen in biologischen Systemen: Zellaggregation; Chemotaxis; Herzrhythmen und Herzrhythmusstörungen</li><li>• Einführung in die Dynamik von drei-dimensionalen erregbaren Systemen am biologischen Beispiel des Übergangs von Herzkammerflimmern zu Herzkammerflattern</li><li>• Struktur und Organisation des Transports in Adernnetzwerken</li><li>• Methoden der raum-zeitlichen Analyse von selbst-organisierten Systemen</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung (2 SWS), Übung (1 SWS) und Selbststudium; (SS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Bachelor-Abschluss im Studiengang Biosystemtechnik
<b>Arbeitsaufwand:</b> Gesamt 120 h Präsenzzeit: 42 h, Vorlesung: 28 h, Übungen: 14 h, Selbststudium: 78 h
<b>Häufigkeit des Angebotes:</b> Einmal pro Jahr
<b>Leistungsnachweise/Credits:</b> Teilnahmeschein / 4 CP
<b>Modulprüfung:</b> Schriftliche oder mündliche Prüfung. Dauer: 60 – 90 min



**Modulverantwortlicher:**

PD Dr. M. Hauser, FNW

**Literaturhinweise:**

J. Keener, J. Snyed: Mathematical physiology

F.W. Schenider, A. Münster: Nichtlineare Dynamik in der Chemie

A. Goldbeter: Biochemical oscillations and cellular rhythms – The molecular bases of periodic and chaotic behaviour



### 6.30. State Estimation

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> State Estimation
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten sind in der Lage, moderne Methoden der Zustandsschätzung auf lineare und nichtlineare Systeme anzuwenden. Sie können anhand von Beobachtbarkeitsuntersuchungen entscheiden, ob die vorhandenen Messgrößen prinzipiell für eine Zustandsschätzung ausreichen. Sie können darauf aufbauend Luenberger-Beobachter und Kalman-Filter entwerfen.
<b>Inhalt:</b> Zustandsschätzung linearer Systeme Beobachtbarkeitskriterien für LTI-Systeme Strukturelle Beobachtbarkeit Luenbergerbeobachter Zustandsschätzung nichtlinearer Systeme Kriterien für lokale und globale Beobachtbarkeit Nichtlineare Beobachtbarkeits- und Beobachternormalform Erweiterter Luenbergerbeobachter High-Gain-Beobachter Sliding-Mode-Beobachter Zustandsschätzung auf bewegtem Horizont Kalmanfilter Stochastische Grundlagen Kalman-Filter für lineare Systeme Erweitertes Kalmanfilter Sigma-Punkt-Filter Bayessche Schätzverfahren / Partikelfilter
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung; (SS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundlagenfächer des Bachelor
<b>Arbeitsaufwand:</b> 4 SWS ; (56 h Präsenzzeit + 64 h Selbständiges Arbeiten)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> ÜS/Klausur (60 min) / 4 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Jun.-Prof. St. Palis, FEIT
<b>Literaturhinweise:</b> David Luenberger. Introduction to Dynamic Systems. John Wiley, 1979. Hassan Khalil. Nonlinear Systems. Prentice Hall, 2002. Robert F. Stengel. Optimal control and estimation. Dover Publications, 1994





### 6.31. Steuerungstechnik

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Steuerungstechnik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten beherrschen den praktischen Umgang mit Booleschen Funktionen zur Berechnung von Steuerungsfunktionen. Sie sind in der Lage, sowohl kombinatorische als auch sequenzielle Steuerungen zu modellieren, zu entwerfen und zu realisieren.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– Einführung: Steuerung, Regelung, Signale, Steuerungsarten</li><li>– Grundlagen der BOOLEschen Algebra</li><li>– systematische Minimierungsverfahren für Boolesche Funktionen</li><li>– Entwurf und Realisierung kombinatorischer Steuerungen</li><li>– Grundlagen der Automatentheorie: Definition, Automatenmodelle, Automatentypen, Analyse</li><li>– Entwurf und Realisierung sequenzieller Steuerungen: Signaldefinition, Modellierung, Zustandsreduktion, Kodierung</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundlagenfächer des Bachelor
<b>Arbeitsaufwand:</b> 2 SWS ; (28 h Präsenzzeit + 62 h Selbständiges Arbeiten)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Klausur (90 min) / 3CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr.-Ing. J. Ihlow, FEIT
<b>Literaturhinweise:</b> Zander, H.J.: Logischer Entwurf binärer Systeme. Verlag Technik Borgmeyer, J.: Grundlagen der Digitaltechnik. Carl Hanser Verlag, München 1997.



### 6.32. Strukturelle und funktionale Analyse von zellulären Netzwerken

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik

**Modul:**

Strukturelle und funktionale Analyse von zellulären Netzwerken

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Die Studenten beherrschen verschiedene theoretische Ansätze und Methoden zur strukturellen und qualitativen Modellierung und Analyse zellulärer Netzwerke. Die Studenten haben ein allgemeines Verständnis für den strukturellen Aufbau und die Arbeitsweise unterschiedlicher Klassen von biochemischen Netzwerken (z.B. Stoffwechsel und Signaltransduktion) und können mit verschiedenen Methoden für die rechnergestützte Analyse dieser Netzwerke umgehen. Die Verfahren kommen hauptsächlich aus dem Bereich der diskreten Mathematik (z.B. Graphen- und Hypergraphentheorie, Boolesche Netzwerke) und der linearen Algebra. Die Studenten wenden die theoretischen Methoden in Übungen mithilfe eines Softwarepakets und am Beispiel von konkreten biologischen Beispielen an. Die Teilnehmer sind in der Lage, interdisziplinär (systembiologisch) zu denken und haben ein gefestigtes Verständnis für netzwerkweite Prozesse in der Zelle. Außerdem können sie mit grundlegenden Methoden zur Bestimmung strategischer Eingriffe und zur Rekonstruktion zellulärer Netzwerke umgehen.

**Inhalt**

- Einführung: zelluläre Netzwerke, Stoffflüsse und Signalflüsse, Datenbanken
- Graphentheorie: Grundbegriffe, statistische Netzwerkanalyse, Netzwerk motive
- Metabolische Netzwerkanalyse: Erhaltungsrelationen, Stoffflussverteilungen, Flusskegel, Elementarmoden, Minimal Cut Sets
- Modellierung von regulatorischen und Signaltransduktionsnetzen mittels Interaktionsgraphen und logischen Netzwerken: Feedback loops, cut sets, Abhängigkeitsmatrix, qualitatives Ein/Ausgangsverhalten, Minimale Interventionsmengen
- Zusammenhänge zwischen Netzstruktur und qualitativer Dynamik:
- Einführung in Methoden der Netzwerkrekonstruktion

**Lehrformen:**

Vorlesung, Übungen; (SS)

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Grundverständnis für Molekularbiologie und Modellierung biologischer Systeme. Grundlagen in linearer Algebra

**Arbeitsaufwand:**

3 SWS (42 h Präsenzzeit und 108 h selbständiges Arbeiten)

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Teilnahme an Übungen / Schriftliche Prüfung (Klausur) / 5 CP

**Modulverantwortlicher:**

Dr. St. Klamt, MPI Magdeburg



**Literaturhinweise:**

Z. Szallasi, V. Periwal and J. Stelling (eds): *System Modeling in Cellular Biology: From Concepts to Nuts and Bolts*, MIT Press, Cambridge, MA, 125-148, 2006.

R. Thomas and R. D'Ari: *Biological Feedback*. CRC Press, Boca Raton, 1990.

B. Palsson: *Systems Biology - Properties of Reconstructed Networks*. Cambridge University Press: 2006.

E. Klipp et al.: *Systems Biology: A Textbook*. Wiley-VCH: 2009.

B. H. Junker and F. Schreiber: *Analysis of Biological Networks*. Wiley-Interscience: 2008.



### 6.33. Systems Theory in Systems Biology

<b>Course:</b> Selective module for the master course Biosystemtechnik
<b>Module:</b> Systems Theory in Systems Biology ( <b>Aussetzung bis auf Weiteres</b> )
<b>Objectives:</b> The students have been introduced to state of the art system theoretical methods and concepts that are specially tailored to problems appearing in systems biology. They are able to model and analyze signal transduction, metabolic and genetic networks in a structured way. The methods introduced are exemplified considering various application examples.
<b>Contents:</b> Nonlinear dynamics in biological systems Hybride discrete event modeling in systems biology Parameter and structure identification for systems biology Model reduction for systems biology Sensitivity analysis for systems biology Robustness of biological systems
<b>Teaching:</b> Lecture with exercises; (summer semester)
<b>Prerequisites:</b> Basic subjects from Bachelor
<b>Workload:</b> 3 hours per week ; (42 h Lecture with exercises + 78 h private studies)
<b>Examination/Credits:</b> Written exam (90 min) / 4CP
<b>Responsible lecture:</b> Prof. R. Findeisen, FEIT <b>Lehrender:</b> N.N.
<b>Literature:</b> [1] E. Klipp, R. Herwig, A. Kowald, C. Wierling, H. Lehrach: Systems Biology in Practice, Concepts, Implementation and Application, Wiley-VCH [2] R. Heinrich, S. Schuster: The Regulation of Cellular Systems, Chapman & Hall [3] G. de Vries, T. Hillen, M. Lewis, H. Müller, B. Schönfisch: A Course in Mathematical Biology, Quantitative Modeling with Mathematical and Computational Methods, siam



### 6.34. Systemverfahrenstechnik

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Systemverfahrenstechnik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden sind befähigt, das dynamische Verhalten von örtlich verteilten Prozessen der Verfahrenstechnik, der Energietechnik und der Biosystemtechnik mittels mathematischer Modelle zu beschreiben und zu analysieren. Sie sind in der Lage, physikalisch fundierte Modelle bestehend aus Kontinuumsbilanzen, kinetischen Ansätzen, thermodynamischen Zustandsgleichungen, Rand- und Anfangsbedingungen konsistent zu formulieren. Sie können geeignete numerische Lösungsverfahren sowohl für stationäre als auch für dynamische Simulationen auswählen, diese korrekt anwenden und Simulationen mit dem Computer durchführen. Sie können qualitative Aussagen über die Sensitivität und Stabilität der untersuchten Systeme treffen. Die Studierenden sind darüber hinaus befähigt, komplexe Modelle in geeigneter Weise so zu reduzieren, dass die Prozesssimulation bei hinreichender Genauigkeit möglichst effizient erfolgen kann. Sie sind in der Lage, die erzielten Simulationsergebnisse mit naturwissenschaftlich-technischen Argumenten zu interpretieren.
<b>Inhalt:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1) Thermodynamisch-mechanischer Zustand von Fluiden</li><li>2) Allgemeine Bilanzgleichungen für Kontinua</li><li>3) Konstitutive Gleichungen und Transportparameter</li><li>4) Thermodynamik der Gemische</li><li>5) Numerische Methoden zur Lösung partieller Differentialgleichungen</li><li>6) Simulationen für örtlich verteilte Prozesse</li><li>7) Modellierung mehrphasiger Prozesse</li><li>8) Methoden und Ansätze der Modellreduktion</li></ol>
<b>Lehrformen:</b> 2 SWS Vorlesung und 2 SWS Übung; (SoSe)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Simulationstechnik, Prozessdynamik I
<b>Arbeitsaufwand:</b> 4 SWS Präsenzzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 94 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Schriftliche Prüfung (K120) / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. K. Sundmacher, FVST



**Literaturhinweise:**

- [1] M. Jischa, Konvektiver Impuls-, Wärme- und Stoffaustausch, Vieweg, 1982.
- [2] B. Bird, et al., *Transport Phenomena*, Wiley, 2002.
- [3] R.C. Reid, et al., *The Properties of Gases and Liquids*, McGraw-Hill, 1987.
- [4] S. I. Sandler, *Chemical, Biochemical and Engineering Thermodynamics*, Wiley, 2006.
- [5] S.V. Patankar, *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*, McGraw-Hill, 1980.
- [6] A. Varma et al., *Mathematical Methods in Chemical Engineering*, Oxford U. Press, 1997.



### 6.35. Technische Kristallisation

**Studiengang:**

Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik

**Modul:**

Technische Kristallisation

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Die Kristallisation zählt zu den thermischen Grundoperationen der Verfahrenstechnik, die klassischerweise insbesondere der Stofftrennung dienen. Die Gewinnung einer reinen kristallinen Substanz ist jedoch nur eine der Aufgabenstellungen von Kristallisationsverfahren. Weitere Ziele sind Aufkonzentrierung und Reinigung von Lösungen, Rückgewinnung von Lösemittel sowie Produktdesign. Bei Letzterem geht es darum, definierte Feststoffeigenschaften (u.a. Korngröße und -form) für die jeweilige Produktapplikation bereitzustellen.

Massenkristallisation und Einkristallzüchtung sind aus der industriellen Praxis nicht mehr wegzudenken und finden vielfältige Einsatzfelder, z.B. in den Bereichen Düngemittel, Life Science (Pharma, Lebensmittel, Agrochemie), Umwelt und Elektronik/Energietechnik. Die Kristallisation ist damit ein sehr interdisziplinäres Fachgebiet.

Die LV ist so konzipiert, dass aufbauend auf den thermodynamischen und kinetischen Grundlagen, verfahrens- und apparatetechnische Aspekte, wichtige praxisrelevante Aufgabenstellungen und deren Lösung (Produktdesign, Aufreinigung) sowie abschließend mit der KCl-Gewinnung ein industrielles Gesamtverfahren behandelt werden.

**Inhalt**

1. Einführung in die Kristallisationswelt
  - Kristallisation: Allgemeines, Ziele & Bedeutung, Prozess & Produkt
  - Systematisierung und Eingrenzung der in der LV behandelten Aspekte
2. Kristallografische Grundlagen
  - Kristalle & fester Aggregatzustand, Grundkonzepte der Kristallchemie
  - Röntgenbeugung zur Untersuchung kristalliner Materialien
3. Fest/flüssig-Gleichgewichte, Phasendiagramme: Bedeutung, Vermessung, Anwendung
  - Thermodynamische Grundlagen
  - Schmelzgleichgewichte
  - Lösungs-gleichgewichte
4. Kristallisationskinetik: Untersuchung und Beschreibung
  - Kristallisationsmechanismen und metastabiler Bereich
  - Einfluss von Fremdstoffen
  - Populationsbilanzen
5. Polymorphie: Grundlagen, Bedeutung und Untersuchung
6. Kristallisationsverfahren: Von der Löslichkeit zur Fahrweise
  - Zielgrößen & Prozesskette
  - Batch- und kontinuierliche Kristallisation
  - Beeinflussung der Korngröße
7. Apparate und Anlagen
  - Grundbauarten industrieller Kristallisatoren
  - Vom Kristallisator zur Anlage
8. Aufreinigung bei der Kristallisation
  - Mechanismen
  - Verteilungskoeffizient und Minimierung des Einbaus von Verunreinigungen
9. Industrielles Beispiel: Heißlöseverfahren zur Gewinnung von KCl



**Lehrformen:**

Vorlesung / Seminare

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Thermodynamik, Reaktionstechnik, Chemie

**Arbeitsaufwand:**

3 SWS

Präsenzzeit: 42 Stunden, Selbststudium: 78 Stunden

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

- / M / 4 CP

**Modulverantwortlicher:**

apl. Prof. H. Lorenz, MPI Magdeburg

**Literaturhinweise:**

- Gnielinski, V., Mersmann, A., Thurner, F. (1993): *Verdampfung, Kristallisation Trocknung*, Vieweg Braunschweig
- Kleber, W., Bautsch, H.-J., Bohm, J. (1998): *Einführung in die Kristallographie*, 18. Aufl., Verlag Technik Berlin
- Hofmann, G. (2004): *Kristallisation in der industriellen Praxis*, Wiley-VCH Weinheim
- Beckmann, W. (Ed.) (2013): *Crystallization – Basic Concepts and Industrial Applications*, Wiley-VCH Weinheim
- Mullin, J. W. (1997): *Crystallization*, 3<sup>rd</sup> ed., Butterworth-Heinemann Oxford
- Mersmann, A. (2001): *Crystallization technology handbook*, 2<sup>nd</sup> ed., Marcel Dekker Inc. New York





### 6.36. Technology and Innovation Management in the Biotech Industry

**Course:**

Master of Science in Biosystems Engineering, Selective Subject

**Module:**

Technology and Innovation Management in the Biotech Industry (Aussetzung bis auf Weiteres)

**Objectives:**

Participants receive insight into Technology and Biotech Manufacturing Process Lifecycle Management in the Pharmaceutical Industry. Based on lectures they will understand specific topics of biotech industry including tech transfers, general principles, characterization methods including regulatory, technical, quality and business perspectives. Case studies simulating “real industry life” will enable students to obtain an end to end view on commercial manufacturing, challenges and current practices incl. quality, regulatory, business and innovation aspects. Taken together, student will be able to apply the basic principles and interactions of quality, business process management, operational excellence, technology management and supply chain management.

**Contents:**

**Technology Transfer, Equipment Characterization and Scale Up:** Basic principles, risk management, facility fit /process adaptations, regulatory perspectives, business aspects, Basic scale up principles equipment characterization, tools for trouble shooting and risk mitigation, practical examples of upstream and downstream steps

**Introducing New Technologies and Existing Processes:** Selected principles of technology & innovation management, technology roadmaps organizational aspects, change management, statistical process control and data analysis

**Regulatory and Quality Aspects:** Regulatory agencies, current guidelines, QA/ QC aspects, risk management, IPC control product characterizations, process validation and Quality by design

**Operational Excellence and Supply Chain Management Aspects:** Challenges in manufacturing, Basics of business process management, operational excellence, problem solving approaches (DMAIC), From development to launch; supply chain examples and risk mitigations, , facility utilization, challenges in the pharmaceutical industry

**Case Study:** As a member of the Manufacturing Science and Technology group of a global pharmaceutical company, you are tasked to transfer a manufacturing process from Penzburg, Germany, to your facility in Oceanview, CA, USA. The product “*Exemplizumab*” is an upcoming blockbuster with estimated sales over 3 bn USD revenue and critical to the future of the company. After launch 2 years ago the product is currently sole sourced out of Penzburg. Due to recent catastrophic event the facility in Penzburg was shut down and the management decided to establish a second supplier. The project timelines and budget is challenging. Since the product was licensed from a 3<sup>rd</sup> party some unit operations are not comparable to your existing platform – process/ facility changes have to be implemented as a result. You will perform facility fit/ scale up and trouble shoot issues during manufacturing The analysis, progress and success need to be presented to executive Vice President.

**Teaching:**

Lecture including several case studies and practical examples

**Prerequisites:**

Study courses of B.Sc.: Biochemical Engineering

**Workload:**

2+2 SWS (28 h of lectures, including graded case studies; 62 h self-dependent studies)



**Examinations/Credits:**

Participation in case studies / 3 CP

**Responsible module:**

Dr. M. Pohlscheidt, Genentech Inc.

**Responsible lectures:**

Dr. M. Pohlscheidt, Genentech Inc.

**Literature:**

**Munos, B.**, *Lessons from 60 years of Pharmaceutical Innovation*. Nature Reviews, 2009; 8:959-968.

**Shukla A, Thömmes J**, *Recent Advances in Large-Scale Production of Monoclonal Antibodies and Related Proteins*. Trends in Biotechnology. 2010; 28:253 – 261.

**Pohlscheidt et al.** *Avoiding Pitfalls during Technology Transfer of Cell Culture Manufacturing Processes in the Pharmaceutical Industry – Mitigating Risk and Optimizing Performance*, Pharmaceutical Outsourcing, Vol 14 (2) April 2013, pp. 34-48



### 6.37. Theoretische Systembiologie und Biostatistik

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Theoretische Systembiologie und Biostatistik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden lernen theoretische Methoden der Systembiologie kennen. Sie lernen insbesondere, einfache mathematische Modelle biochemischer Netzwerke zu erstellen, sowie Methoden für deren Analyse und Simulation (mit Schwerpunkt dynamisches Metabolic Engineering) anzuwenden. Des Weiteren wird die Berücksichtigung thermodynamischer Zwänge in lebenden Zellen vermittelt. Zudem erhalten die Studierenden Kenntnisse über grundlegende statistische Verfahren zur Analyse biologischer Daten. Schließlich werden Eigenschaften (Stationarität, Homogenität) spezieller stochastischer Prozesse und Verteilungen vermittelt.
<b>Inhalt:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Was ist Systembiologie? Mathematische Modelle in der Systembiologie</li><li>• „Inventur“ einer Zelle</li><li>• Dynamische Modelle biochemischer Netzwerke, Analyse und Simulation (Ensemble Modeling)</li><li>• Biothermodynamik (lebender Zellen, Pathways, Transportmechanismen)</li><li>• Biostatistik (statistisches Testen, Fallzahlplanung)</li><li>• Grundlagen stochastischer Prozesse (Poisson-Prozess, Random Walk, Gauß-Prozess)</li><li>• Computerübungen und Software-Tools.</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung; Übung; (WS)
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundlagenfächer des Bachelors
<b>Arbeitsaufwand:</b> 3 SWS; (42 h Präsenzzeit + 108 h Selbständiges Arbeiten)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / Mündliche Prüfung / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. O. Hädicke, MPI Magdeburg
<b>Literaturhinweise:</b> Milo, R. & Philips, R. Cell Biology by the numbers von Stockar, U. Biothermodynamics Zar, J. H. Biostatistical Analysis



### 6.38. Tissue Engineering (I)

**Course:**

Master of Science in Biosystems Engineering

**Module:**

Tissue Engineering (I)

**Objectives:**

After this, a lecture the students will have basic knowledge in cell culture technologies and the principle how to generate human 3D tissue models. An overview of the application of human 3D models in biomedical research will be given.

**Contents:**

In the lecture, we will start with an introduction into:

- Cell culture technology and
- Principles in tissue engineering.

During the course we will focus on:

- The development of (bio)materials as 3D scaffolds
- The bioreactor technology in Tissue Engineering,
- Non-invasive detection methods and
- Modeling cell material interaction for tissue engineering.

Finally, we give a brief insight into the application of human 3D tissues.

**Teaching:**

Lecture, Tutorial

**Prerequisites:**

Principles in cell biology and analytical methods to characterize cellular function.

**Workload:**

Time of attendance: 2 SWS Lecture, 2 SWS Tutorial (56 h)

Autonomous work: Preparing for tutorials and solving homework assignments (54 h), preparing for exam (20 h), reading additional material (20 h)

**Examinations/Credits:**

Written examination 90 min. / 5 CP

**Responsible lecturer:**

Prof. H. Walles

**Literature**

**Tissue Engineering - From Lab to Clinic** - Norbert Pallua, Christoph V. Suschek, Springer Berlin (Verlag), 978-3-642-02823-6 (ISBN))  
necessary articles will be provided



### 6.39. Nichttechnische Fächer

<b>Studiengang:</b> Wahlpflichtfächer Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Nichttechnische Fächer
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Vergleiche Katalog „Nichttechnische Fächer“
<b>Inhalt</b> Vergleiche Katalog „Nichttechnische Fächer“
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> Präsenzzeit: 84 Stunden, Selbststudium: 186 Stunden
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Leistungsnachweise / 9 CP
<b>Modulverantwortliche:</b> Vergleiche Katalog „Nichttechnische Fächer“



## 6.40. Industriepraktikum

**Studiengang:**

Pflichtmodul Master Biosystemtechnik

**Modul:**

Industriepraktikum

**Ziele des Moduls (Kompetenzen):**

Im Industriepraktikum haben die Studierenden Erfahrungen zu Arbeitsverfahren, Arbeitsmitteln und Arbeitsprozessen gesammelt. Sie kennen organisatorische und soziale Verhältnisse der Praxis und haben ihre eigenen sozialen Kompetenzen trainiert. Sie können die Dauer von Arbeitsabläufen zeitlich abschätzen. Sie können die Komplexität von Prozessen, Arbeitsabläufen und die Stellung des Ingenieurs im Gesamtkontext einordnen.

Durch den Seminarvortrag können die Studierenden Ergebnisse und Erkenntnisse in geeigneter Form aufarbeiten, einem Fachpublikum präsentieren und Fragen dazu beantworten. Sie erhalten ein Feedback über die Art und Weise ihres Vortrages und dessen Verständlichkeit.

**Inhalt:**

Das Industriepraktikum umfasst grundlegende Tätigkeiten und Kenntnisse zu Prozessen, Produktionstechnologien, Verfahren sowie Apparaten und Anlagen. Aus den nachfolgend genannten Gebieten sollen mindestens fünf im Praktikum in mehreren Abschnitten berücksichtigt werden. Das Praktikum kann in Betrieben stattfinden.

- Bioprozess-, Pharma- und Umwelttechnik
- Medizinische Einrichtungen
- Energieerzeugung
- Gestaltung von Produkten
- Behandlung von Feststoffen und Fluiden
- Messen, Analysen, Prüfen, Qualitätskontrolle
- Entwicklung, Konstruktion, Arbeitsvorbereitung, Prozessanalyse
- Instandhaltung, Wartung und Reparatur
- Montage und Inbetriebnahme
- Fertigungsplanung, Arbeitsvorbereitung, Auftragsabwicklung
- Fachrichtungsbezogene praktische Tätigkeit nach Absprache mit dem Praktikantenamt

Für die Erarbeitung der Präsentation im Rahmen des Seminarvortrages werden fachübergreifende Themen angeboten, die die Zusammenführung der theoretischen Kenntnisse aus den Grundlagenmodulen und dem Wissen aus den fachspezifischen Gebieten fordert. Der Seminarvortrag umfasst eine eigenständige und vertiefte schriftliche Auseinandersetzung mit einem Problem aus dem Arbeitszusammenhang des jeweiligen Moduls unter Einbeziehung und Auswertung einschlägiger Literatur. In einem mündlichen Vortrag (mindestens 15 Minuten) mit anschließender Diskussion soll die Arbeit dargestellt und ihre Ergebnisse vermittelt werden. Die Ausarbeitungen müssen schriftlich vorliegen.

**Lehrformen:**

Industriepraktikum (8 Wochen)

**Voraussetzung für die Teilnahme:**

Keine



**Arbeitsaufwand:**

8 Wochen, 9 CP

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

Praktikumsbericht

**Modulverantwortlicher:**

Prof. U. Reichl (Prüfungsausschussvorsitzender)



#### 6.41. Seminarvortrag

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Seminarvortrag
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden können Ergebnisse und Erkenntnisse in geeigneter Form aufarbeiten, einem Fachpublikum präsentieren und Fragen dazu beantworten. Sie erhalten ein Feedback über die Art und Weise ihres Vortrages und dessen Verständlichkeit.
<b>Inhalt:</b>  Für die Erarbeitung der Präsentation im Rahmen des Seminarvortrages werden fachübergreifende Themen angeboten, die die Zusammenführung der theoretischen Kenntnisse aus den Grundlagenmodulen und dem Wissen aus den fachspezifischen Gebieten fordert. Der Seminarvortrag umfasst eine eigenständige und vertiefte schriftliche Auseinandersetzung mit einem Problem aus dem Arbeitszusammenhang des jeweiligen Moduls unter Einbeziehung und Auswertung einschlägiger Literatur. In einem mündlichen Vortrag (mindestens 15 Minuten) mit anschließender Diskussion soll die Arbeit dargestellt und ihre Ergebnisse vermittelt werden. Die Ausarbeitungen müssen schriftlich vorliegen.
<b>Lehrformen:</b> Seminarvortrag
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> 1 SWS (14 h Präsenzzeit; 16 h Selbststudium)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Leistungsnachweis (unbenotet), 1 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. U. Reichl (Prüfungsausschussvorsitzender)





## 6.42. Masterarbeit

<b>Studiengang:</b> Pflichtmodul Master Biosystemtechnik
<b>Modul:</b> Masterarbeit
<b>Ziel des Moduls (Kompetenzen):</b> Es soll der Nachweis erbracht werden, dass innerhalb einer vorgegebenen Frist ein Problem selbständig mit wissenschaftlichen Methoden bearbeitet werden kann. Sie haben die Fähigkeit, mögliche Lösungsansätze zu analysieren und kritisch zu bewerten. Sie können ihre Arbeit im Kontext der aktuellen Forschung einordnen.
<b>Inhalt:</b> Themenstellungen zu aktuellen Forschungsvorhaben werden von den Professoren der Fakultät bekannt gegeben. Die Studierenden können sich ein Thema ihrer Neigung auswählen. Die Ausgabe des Themas ist im Prüfungsamt mit den Namen der Prüfer aktenkundig zu machen. Im Kolloquium haben die Studierenden nachzuweisen, dass sie in der Lage sind, Arbeitsergebnisse aus der selbständigen wissenschaftlichen Bearbeitung in einem Fachgespräch zu verteidigen. Dazu müssen die Ergebnisse in einem Vortrag von max. 15 Minuten dargestellt und diesbezügliche Fragen beantwortet werden.
<b>Lehrformen:</b> Selbstständige Problembearbeitung mit Abschlussarbeit
<b>Voraussetzung für Teilnahme:</b> 30 CP
<b>Arbeitsaufwand:</b> 20 Wochen
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Masterarbeit mit Kolloquium / 30 CP
<b>Modulverantwortliche:</b> Prüfungsausschussvorsitzender