



Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

Modulhandbuch

für den Studiengang

Master of Science Life

Science Engineering

(Prüfungsordnungsversion: 20192)

Inhaltsverzeichnis

Industriepraktikum (M.Sc. Life Science Engineering 20192) (1995).....	4
Masterarbeit (M.Sc. Life Science Engineering 20192) (1999).....	6
Projektierungskurs (94060).....	8
Wahlmodul (FAU-weit) (1750).....	9
Vertiefungsmodule	
Bioseparation (Vertiefung) (94470).....	11
Bioverfahrenstechnik (Vertiefung) (94479).....	13
Mechanische Verfahrenstechnik (Vertiefung) (94440).....	15
Medizinische Biotechnologie (Vertiefung) (94380).....	17
Systembiotechnologie (Vertiefung) (94478).....	19
Wahlpflichtmodule mit Praktikum	
Discrete Element Simulations with laboratory course (45142).....	22
Fluid-Feststoff-Strömungen mit Praktikum (45341).....	25
Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz im Ingenieurwesen (44660).....	27
Python for bioinformatics and data analysis (42062).....	29
Rheologie / Rheometrie mit Praktikum (45230).....	31
Scannen und Drucken in 3D (46101).....	34
Structural Biology II: Structure and Function Relationships in Biotechnologically Relevant Macromolecules (42211).....	36
Structural Biology I: Protein Design and Designer Proteins (42201).....	38
Technology of Tissue Engineering (TechTE) (94476).....	40
Trocknungstechnik mit Praktikum (45336).....	42
Umweltbioverfahrenstechnik (45190).....	44
Wahlpflichtmodule	
Application of Cell Technology and Biofabrication (94475).....	48
Biophysik und Biomechanik (92162).....	50
Clean combustion technology with laboratory course (42903).....	51
Digitale Bildverarbeitung (45400).....	53
Discrete Element Simulations (45141).....	55
Epidemiologie (22070).....	58
Fluid-Feststoff-Strömungen (45340).....	60
Immun-Biotechnologie (45161).....	62
Industrielles Produkt-Design (45280).....	64
Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz im Ingenieurwesen (KI-ING) (44650).....	65
Membranverfahren (45081).....	67
Optical Technologies in Life Science (45730).....	69
Partikelbasierte Strömungsmechanik (44790).....	72
Pharmazeutische Technologie (63461).....	74
Photon & Neutron Scattering for Structure Determination (94474).....	76
Rheologie / Rheometrie (45231).....	79
Scannen und Drucken in 3D (46100).....	82
Self-organisation processes (42936).....	84
Technische Chromatographie (92890).....	86
Technology of Tissue Engineering (TechTE) (94477).....	88
Trocknungstechnik (45335).....	90
Umweltbioverfahrenstechnik (45160).....	92
Wahlmodul aus dem Angebot der technischen und naturwissenschaftlichen Fakultät	
Biotechnologie 4: Metabolic Engineering (63375).....	96
BWL für Ingenieure (82570).....	98

Fluid-Feststoff-Strömungen (45340).....	100
Genetic Engineering (Gentechnik) (92130).....	102
Reinraumtechnik (94480).....	104
Wissenschaftliches Arbeiten in den Ingenieur- und Naturwissenschaften (96833).....	106
Wissenschaftliches Arbeiten in den Ingenieur- und Naturwissenschaften (96064).....	108

1	Modulbezeichnung 1995	Industriepraktikum (M.Sc. Life Science Engineering 20192) Internship / practical training on industry	10 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	Modulverantwortliche/r		
5	Inhalt	Bei der Durchführung des Industriepraktikums soll ein Überblick über die verschiedenen Tätigkeiten in einer Firma durch Mitarbeit in Arbeits- bzw. Projektgruppen verschafft werden. Darüber hinaus sollen spezielle Fertigkeiten von Ingenieuren, ausgehend vom bereits im Studium erworbenen Wissen, erworben werden. Als Basis hierzu sollen die im Bachelorstudium erworbenen Fach- und Methodenkompetenzen umgesetzt werden. Wünschenswerte Tätigkeitsbereiche sind z.B. Chemische Produktion, Umweltschutz, Kontroll-Labor, Mess- und Regelungstechnik, Anlagenplanung, Konstruktion, Apparatefertigung, Instandsetzung, Kostenrechnung, Marktanalyse.	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden: <ul style="list-style-type: none"> • kennen typische Aufgabenstellungen in der chemischen, (bio)verfahrenstechnischen oder verwandten Industrie • kennen und nachvollziehen die Organisation und die soziale Struktur eines Industriebetriebes • erkennen die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Bereichen eines Unternehmens • setzen das bisher im Studium vermittelte Fachwissen in der industriellen Praxis um • reflektieren die Auswirkung ihres Handelns auf das Ergebnis der ihnen anvertrauten Aufgaben • analysieren die in der Industrie notwendigen Kenntnisse im Vergleich zu den Inhalten des eigenen Studiums 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Master of Science Life Science Engineering 20192	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Prüfung: Studienleistung/Praktikumsleistung: Praktikumszeugnis (1 bis 2 Seiten) Alle Informationen finden Sie hier: https://www.cbi.tf.fau.de/studium/industriepraktikum/	
11	Berechnung der Modulnote		
12	Turnus des Angebots	keine Angaben zum Turnus des Angebots hinterlegt!	

13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Eigenstudium: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	Dauer des Moduls	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	

1	Modulbezeichnung 1999	Masterarbeit (M.Sc. Life Science Engineering 20192) Master's thesis	30 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	Modulverantwortliche/r		
5	Inhalt	<p>Selbständige Bearbeitung einer wissenschaftlichen Aufgabestellung am Department Chemie- und Bioingenieurwesen, zum Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Biotechnologie • Bioverfahrenstechnik • Modellierung und Simulation • Partikeltechnik • Technische Chemie • Thermofluiddynamik 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • können eine wissenschaftliche Fragestellung aus einem ausgewählten Bereich des Life Science Engineerings innerhalb einer vorgegebenen Frist selbständig bearbeiten • entwickeln eigenständige Ideen und Konzepte zur Lösung wissenschaftlicher Probleme • gehen in vertiefter und kritischer Weise mit Theorien, Terminologien, Besonderheiten, Grenzen und Lehrmeinungen des Faches um und reflektieren diese • können geeignete wissenschaftliche Methoden weitgehend selbständig anwenden und weiterentwickeln – auch in neuen und unvertrauten sowie fachübergreifenden Kontexten – sowie die Ergebnisse in wissenschaftlich angemessener Form darstellen • können fachbezogene Inhalte klar und zielgruppengerecht schriftlich und mündlich präsentieren und argumentativ vertreten • erweitern ihre Planungs- und Strukturierungsfähigkeit in der Umsetzung eines thematischen Projektes 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	s. FPO LSE § 42 (1)	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Master of Science Life Science Engineering 20192	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	<p>schriftlich (6 Monate) mündlich (30 Minuten) Sprache: Deutsch oder Englisch nach Wahl der Studierenden</p>	

11	Berechnung der Modulnote	schriftlich (90%) mündlich (10%)
12	Turnus des Angebots	keine Angaben zum Turnus des Angebots hinterlegt!
13	Wiederholung der Prüfungen	Die Prüfungen dieses Moduls können nur einmal wiederholt werden.
14	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Eigenstudium: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
15	Dauer des Moduls	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
16	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
17	Literaturhinweise	

1	Modulbezeichnung 94060	Projektierungskurs Project development course	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Sonstige Lehrveranstaltung: Projektierungskurs WS (Frühjahr) (5 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	apl.Prof.Dr. Marco Haumann Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück	

4	Modulverantwortliche/r	apl.Prof.Dr. Marco Haumann	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Projektierung einer Produktionsanlage • Aufteilung der Aufgabenstellung auf einzelne Gruppen • Eigenständige Bearbeitung eines Teilprojekts in einer Gruppe • Koordination innerhalb der Gruppe und mit anderen Gruppen • Vorstellung der Ergebnisse. 	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden: <ul style="list-style-type: none"> • können Aufgaben und Probleme bei der Projektierung einer Produktionsanlage analysieren • können verschiedene Lösungswege im Team entwickeln, miteinander vergleichen und evaluieren • können eigenständig Lösungen für die Anlage erschaffen und ausarbeiten 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 3;2	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Master of Science Life Science Engineering 20192	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Studienleistung	
11	Berechnung der Modulnote	SL: 100%	
12	Turnus des Angebots	in jedem Semester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 60 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch Englisch	
16	Literaturhinweise		

1	Modulbezeichnung 1750	Wahlmodul (FAU-weit) Elective module (FAU module catalog)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	Modulverantwortliche/r		
5	Inhalt	keine Inhaltsbeschreibung hinterlegt!	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die individuell in den gewählten Modulen erworbenen Kompetenzen können den Modulbeschreibungen der gewählten Module entnommen werden.</p> <p>Vom individuellen Modul unabhängige Kompetenzen: Die Studierenden erwerben zusätzliche Kenntnisse und Kompetenzen in einem neuen Fachgebiet oder vertiefen vorhandenes Wissen in einem bereits im LSE-Curriculum enthaltenen Themenfeld. Die Studierenden erwerben Selbst- und Sozialkompetenz durch eine breite, fachrichtungsübergreifende Qualifizierung innerhalb der individuell gewählten Module. Die Studierenden schärfen durch die Wahlfreiheit ihr individuelles Profil im Hinblick auf ihr angestrebtes zukünftiges Berufsfeld.</p>	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Master of Science Life Science Engineering 20192	
10	Studien- und Prüfungsleistungen		
11	Berechnung der Modulnote		
12	Turnus des Angebots	in jedem Semester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Eigenstudium: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise		

Vertiefungsmodule

1	Modulbezeichnung 94470	Bioseparation (Vertiefung) Focus Module: Bioseparation	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Die Lehrveranstaltungen des Moduls werden nur im Sommersemester angeboten.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Malte Kaspereit
5	Inhalt	<p>Aufbauend auf dem Modul Bioseparation (BioSep) oder gleichwertigen Modulen werden alle relevanten Methoden des Downstreamprocessings vertiefend behandelt. Ein Schwerpunkt liegt auf modernen chromatographischen Trennverfahren, die bei der Herstellung hochwertiger Produkte, wie bspw. rekombinante Proteine, besondere Bedeutung haben.</p> <p>Das Hauptaugenmerk liegt auf der Analyse, Auslegung und Bewertung entsprechender Verfahren. Daher werden neben praxisrelevanten Aspekten und experimentellen Methoden zur Analyse und Parameterbestimmung auch Kenntnisse zur (dynamischen) Modellierung und Simulation einzelner Verfahrensschritte und gesamter Fließbilder vermittelt. Abschließend werden innovative Ansätze für besonders effiziente Verfahren diskutiert, wie z.B. kontinuierliche und integrierte Prozesse.</p> <p>Gliederung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction • Biomolecules and their properties • Fundamental engineering principles • Cell disruption • Sedimentation and centrifugation • Filtration and Membrane processes • (Extraction) • Chromatography • (Precipitation and crystallization) • Advanced process concepts
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • haben ein vertieftes Verständnis der in biotechnologischen Aufarbeitungen genutzten Verfahren • kennen Methoden zur Bestimmung relevanter physiko-chemischer Parameter • beherrschen grundlegende experimentelle Techniken in der Chromatographie und in Membranverfahren • sind in der Lage, für gegebene Aufgaben geeignete Verfahren zu identifizieren und Alternativen zu diskutieren • können einfache Prozessmodelle selbstständig erstellen und zur Auslegung von Verfahrensschritten anwenden • kennen Ansätze für innovative Prozesskonzepte.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Grundkenntnisse im Downstreamprocessing oder thermischen Trennverfahren
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1

9	Verwendbarkeit des Moduls	3.-4. Vertiefungsmodul Master of Science Life Science Engineering 20152 Vertiefungsmodule Master of Science Life Science Engineering 20192
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Praktikumsleistung mündlich (30 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	Praktikumsleistung (0%) mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch
16	Literaturhinweise	Vertiefend neben dem vorlesungsbegleitenden Material: <ul style="list-style-type: none"> • Harrison, Todd, Rudge, Petrides, Bioseparation Science and Engineering, Oxford University Press, 2003 • Carta, Jungbauer, Protein Chromatography: Process Development and Scale-Up, Wiley-VCH, 2010

1	Modulbezeichnung 94479	Bioverfahrenstechnik (Vertiefung)	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Die Lehrveranstaltungen des Moduls werden nur im Sommersemester angeboten.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Kathrin Castiglione	
5	Inhalt	<p>Vorlesung: Aufbauend auf den Modulen Biotechnologie 1 und 2 des Bachelor-Studiums, in denen das grundlegende Vorgehen beim Design und der Durchführung von Bioprocessen erläutert wurde, werden weiterführende Techniken vorgestellt, die vor allem der Intensivierung von Bioprocessen dienen. Zunächst werden typische Flaschenhalse biotechnologischer Produktionsprozesse aufgezeigt sowie das Vorgehen zur Identifikation geeigneter Prozessfenster (<i>windows of operation</i>) erläutert. Das Hauptaugenmerk der Vorlesung liegt auf der Auslegung und Bewertung von Verfahren, die dazu geeignet sind Prozesslimitationen zu überwinden und die Produktion von mehr Produkt pro Zelle, Zeiteinheit, Volumen, <i>environmental footprint</i> oder Kosten zu ermöglichen. Die Vorlesungsinhalte werden anhand konkreter Praxisbeispiele sowie im Rahmen des zugehörigen Praktikums veranschaulicht.</p> <p>Übung: Vertiefung der Inhalte aus der Vorlesung durch die Lösung von Übungsaufgaben.</p> <p>Praktikum: Anhand eines exemplarischen Fermentationsprozesses werden Konzepte, die zur Prozessintensivierung beitragen, in einem praktischen Versuch veranschaulicht.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • haben ein vertieftes Verständnis für die spezifischen Herausforderungen biotechnologischer Produktionsprozesse • können das Konzept der windows of operation auf einen Bioprocess anwenden • kennen verschiedene Ansätze zur Intensivierung von Bioprocessen • sind in der Lage, für gegebene Aufgaben geeignete Intensivierungsstrategien zu identifizieren und Alternativen zu diskutieren • kennen Ansätze für die Bewertung der Ökoeffizienz biotechnologischer Produktionsprozesse • beherrschen grundlegende experimentelle Techniken bei der Durchführung intensivierter Bioprocessen 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Empfohlene Voraussetzungen: <ul style="list-style-type: none"> • Biotechnologie 1: Zellbiotechnologie • Biotechnologie 2: Bioreaktions- und Bioverfahrenstechnik 	

8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Vertiefungsmodule Master of Science Life Science Engineering 20192 MA LSE 1-3	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Praktikumsleistung Variabel Vorlesung: Prüfungsleistung, mündliche Prüfung, Dauer (in Minuten): 30, benotet, 5 ECTS Praktikum: Studienleistung, Praktikumsleistung, unbenotet, 2.5 ECTS Praktikumsprotokoll (10-15 Seiten)	
11	Berechnung der Modulnote	Praktikumsleistung (0%) Variabel (100%) <table border="1" data-bbox="614 878 1476 967"> <tr> <td>Mündliche Prüfung zur Vorlesung (100 %)</td> </tr> </table>	Mündliche Prüfung zur Vorlesung (100 %)
Mündliche Prüfung zur Vorlesung (100 %)			
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 105 h Eigenstudium: 120 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	Empfohlene Begleitlektüre: <ul style="list-style-type: none"> • Woodley, J.M., Titchener-Hooker, N.J. The use of windows of operation as a bioprocess design tool. Bioprocess Engineering 14, 263–268 (1996). https://doi.org/10.1007/BF00369924 • Chmiel, H., Takors, R., Weuster-Botz, D. Bioprozesstechnik, Springer-Verlag (2018) 	

1	Modulbezeichnung 94440	Mechanische Verfahrenstechnik (Vertiefung) Focus module: Mechanical process engineering	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Die Lehrveranstaltungen des Moduls werden nur im Sommersemester angeboten.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Peukert	
5	Inhalt	<p>Im Rahmen des Moduls werden die Grundlagen der Produktgestaltung behandelt. Ausgehend von der Eigenschaftsfunktion (Zusammenhang zwischen Anwendungs- bzw. Endprodukteigenschaften und den dispersen Eigenschaften) werden Möglichkeiten zur Steuerung der Produkteigenschaften vorgestellt und an exemplarischen Prozessen vertieft. Neben der Partikelproduktion (u.a. Gasphasensynthese, Fällung, Zerkleinern) werden Fragen der Formulierung (z.B. Beschichtungen) behandelt. Ein Schwerpunkt liegt auf der Gestaltung nanoskaliger Produkte. Hier gelingt die Einstellung makroskopischer Produkteigenschaften nur durch die mikroskopische Steuerung der Grenzflächen. Als Simulationswerkzeuge werden Populationsbilanzen eingeführt.</p> <p>Es werden Beispiele aus der chemisch-pharmazeutischen Technologie, den Materialwissenschaften und der Medizintechnik behandelt. Das Modul richtet sich daher sowohl an Bio- und Chemieingenieure als auch Materialwissenschaftler, Pharmazeutische Technologen und Naturwissenschaftler.</p> <p>Wir fördern Teamfähigkeit und Präsentationstechniken durch die selbstständige Erarbeitung spezieller Beispiele in kleinen Gruppen.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • erkennen den Zusammenhang zwischen Anwendungs- bzw. Endprodukteigenschaften und den dispersen Eigenschaften • setzen Möglichkeiten zur Steuerung der Produkteigenschaften an exemplarischen Prozessen um • lernen Partikelproduktion und Formulierungen, insbesondere die Gestaltung nanoskaliger Produkte • lernen die physikalischen Grundprinzipien zur Einstellung der dispersen Größen und deren Umsetzung in technischen Apparaten • wenden die Inhalte mit Beispielen aus der chemisch-pharmazeutischen Technologie, den Materialwissenschaften und der Medizintechnik an 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	<p>3.-4. Vertiefungsmodul Master of Science Life Science Engineering 20152</p> <p>Vertiefungsmodul Master of Science Life Science Engineering 20192</p>	

10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten) Praktikumsleistung
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%) Praktikumsleistung (0%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 105 h Eigenstudium: 120 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	Wird in der Vorlesung ausgegeben

1	Modulbezeichnung 94380	Medizinische Biotechnologie (Vertiefung) Focus Module: Medical Biotechnology	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Die Lehrveranstaltungen des Moduls werden nur im Sommersemester angeboten.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof.Dr.Dr. Oliver Friedrich	
5	Inhalt	<p>Vertiefung wissenschaftlicher Methoden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zelluläre Ionenkanäle (patch clamp, voltage clamp) - Molekulare dynamische Proteinwechselwirkung (molekulare Motoren) - Multiphotonenmikroskopie - Bildverarbeitung, Informationsextraktion, Cell Signalling - Methoden zur Beurteilung von Muskelperformance - Zelluläre Mechanismen von Malaria - Hochdruckbiologie erregbarer Zellen - Prothetik des Bewegungsapparates <p>Methoden des intraoperativen Monitorings, z. B. Herz-OPs Entwicklung von Alternativmethoden zu Tierversuchen für industrielle Anwendungen Blick hinter die Kulisse eines Papers wie ein Paper entsteht (Studiendesign) Gentechnisch hergestellte Hochleistungs-Materialien für die Medizin</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • vertiefen Techniken und Methoden zur Erforschung zellulärer Abläufe • verfügen über vertiefende Fach- und Methodenkompetenzen aus dem Gebiet der medizinischen Biotechnologie • sind mit aktuellen Forschungsrichtungen der Zellbiologie und molekularen Technik vertraut • können Informationen aus mikroskopischen Bilddaten extrahieren • verfügen über medizinisches Hintergrundwissen zu ausgewählten Krankheitsbildern • können die einzelnen Schritte von Studienplanung bis zur Veröffentlichung einer Fragestellung nachvollziehen • erlernen softskills zur Studiendesign, -Daten und Ergebnisextraktion aus einer wissenschaftlichen Publikation und Präsentation im Plenum (auf Englisch) 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	<ul style="list-style-type: none"> • MBT Kernfach • Kenntnisse zu Molekularbiologie, Gentechnik und Molekulare Medizin 	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Pflichtmodul Master of Science Life Science Engineering 20152 Vertiefungsmodule Master of Science Life Science Engineering 20192	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich Praktikumsleistung	

11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%) Praktikumsleistung (0%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 105 h Eigenstudium: 120 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	Literatur wird im Skript jeweils als urls oder Papers markiert

1	Modulbezeichnung 94478	Systembiotechnologie (Vertiefung)	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Systembiotechnologie (Vertiefung) (3 SWS) Übung: Übung Systembiotechnologie (Vertiefung) (2 SWS) Praktikum: Praktikum Systembiotechnologie (Vertiefung) (3 SWS)	5 ECTS - 2,5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Sebastian Aljoscha Wahl	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Sebastian Aljoscha Wahl	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Übersicht experimenteller „Omics“-Technologien zur systembiologischen Analyse von Zellen und Prozessen (Metabolomics, Transcriptomics, Proteomics) • Einzel-Zell Messungen, z.B. FRET Sensoren • Datengetriebene Analysemethoden, wie z.B. Clustering, Principal component Analysis und andere • Mechanistisch Modellierungsansätze zur Beschreibung zellulärer Prozesse und Regulation. • Modellanalyse anhand von Sensitivitätsanalysen • Stochastische Simulationen 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen grundlegende Arbeitstechniken für die systembiologische Analyse von verschiedenen Zellen (Omics). • haben ein Verständnis für die Möglichkeiten und Herausforderungen bei der Analyse von Omics Daten. • können mechanistische Modelle für zelluläre Netzwerke verstehen, erstellen und analysieren. • können verschiedene datengetriebene Analysemethoden zur Auswertung einsetzen und interpretieren. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	<p>Es wird empfohlen, folgende Module zu absolvieren, bevor dieses Modul belegt wird:</p> <p>Biotechnologie 4: Metabolic Engineering (Sommersemester)</p>	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Vertiefungsmodule Master of Science Life Science Engineering 20192	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Praktikumsleistung Variabel Mündliche Prüfung, 30 Minuten: Prüfung anhand des im Praktikum erarbeiteten Modells und der in der Übung vorgestellten Veröffentlichung</p> <p>Übung:</p>	

		<p>Literatureseminar "wissenschaftliche Literatur"; eine Veröffentlichung zu selektiertem Thema präsentieren und kritisch beleuchten sowie diskutieren.</p> <p>Praktikumsleistung: Basierend auf der Veröffentlichung aus der Übung wird ein Modell aus der Literatur reproduziert und angepasst. Vortrag über das Modell, die Anpassungen und Erweiterungen.</p>
11	Berechnung der Modulnote	Praktikumsleistung (0%) Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 105 h Eigenstudium: 120 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	Alon, U: An Introduction to Systems Biology: Design Principles of Biological Circuits, Chapman & Hall/CRC Computational Biology Series

Wahlpflichtmodule mit Praktikum

1	Modulbezeichnung 45142	Discrete Element Simulations with laboratory course	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Discrete Element Simulations (2 SWS) Übung: Discrete Element Simulations (1 SWS) Praktikum: Discrete Element Simulations (3 SWS)	7,5 ECTS - -
3	Lehrende		

4	Modulverantwortliche/r	Dr. Vasileios Angelidakis	
5	Inhalt	<p>Particulate systems exhibit fascinating material properties across scales, from micro, to meso and macro. The mechanics of such systems are governed by particle-to-particle interactions, which make their behavior difficult to predict. The Discrete Element Method (DEM) has been used for the past four decades to provide micro-mechanical insights into the properties of granular materials. Albeit simple in terms of formulation, using the DEM requires a good understanding of the principles underlying particulate mechanics and a familiarity with specialized software. The aim of this course is to provide the main features of DEM simulations via a combination of theoretical and practical sessions. The widely used open-source DEM software YADE will be demonstrated for the simulation of granular systems with diverse properties, to achieve hands-on experience. Real applications will be presented, where the DEM can be used to simulate problems from engineering and life sciences, such as the transport and handling soils, food, and biological waste.</p> <p>Part I: Theory (30%)</p> <p>DEM basics - Key elements of a DEM simulation:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Integration of particle motion: Newton's 2nd law • Particles & boundaries: Spheres, facets, walls • Inside an interaction loop: Contact detection, contact geometry, contact law • Material parameters of interest in contact mechanics: Stiffness, friction, damping • Simplifying assumptions of the DEM: Idealized particle shape & contact geometry/physics • When real particles are not spheres: Rolling friction contact models vs explicit modelling • Post-processing: Data at the particle, interaction, and sample scale <p>Computational aspects:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Computational cost vs particle size polydispersity: Fine particles and critical timestep • Density scaling for quasi-static problems • Establishing the size of a Representative Element Volume (REV) • Periodic simulation domains to reduce the REV size • Computational efficiency of single-core vs parallel simulations 	

Metrics of model stability:

- Reaching equilibrated states: Unbalanced force ratio, symmetry of the REV stress tensor
- Mechanical stability: Coordination numbers and porosity

Part II: Applications (70%)**Introduction to YADE:**

- Installation (native/virtual machine) and verification via unit tests and checks
- Interactive Python kernel & Graphic User Interface
- Simple tutorials: Bouncing sphere (two-particle problem) & gravity deposition of a small sample, to explore YADE and model the effects of viscous damping & critical timestep
- Data mining from DEM simulations: How to save/load simulations and results
- Visualization of data in VTK format (Ovito/ParaView)

Angle of repose (AOR):

- Cohesionless vs cohesive materials
- Effect of interparticle friction and rolling friction coefficients
- Effect of AOR protocol: Plane-strain vs axisymmetric setups (non-uniqueness of AOR)
- Effect of sample size

Mechanical properties at the meso scale using an REV:

- Uniaxial compression (Oedometer test)
- Isotropic compression ($\sigma_1=\sigma_2=\sigma_3$)
- Triaxial compression:
 - Quantification of shear strength: Macroscopic friction angle & dilatancy
 - Reaching the critical state: Steady-state shearing
 - Conventional triaxial test ($\sigma_1>\sigma_2=\sigma_3$)
 - Test with rigid boundaries vs test in periodic space
 - Test with and without rolling friction: Restricting rotations vs shear strength
 - Test of monodisperse vs light polydisperse vs wide polydisperse PSDs
 - Computational gains and caveats of density scaling for quasi-static systems
 - Shear behavior of dense vs loose systems: porosity and coordination numbers

Large-scale simulations with minimal effort: Running YADE in batch mode

- Setting up parametric studies: How to run 100 triaxial tests in 1 hour
- Utilizing the perks of parallel computing: Efficiency of OpenMP vs single-core simulations
- Post-processing of large-scale datasets: When automation becomes the only way

6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Students who successfully participate in this module can:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Understand the physical phenomena behind a DEM simulation • Identify the key parameters influencing a DEM simulation and their effects • Model granular materials with a widely used open-source DEM code • Appreciate the computational cost associated to typical DEM simulations • Collect information on topics of current interest and present the results to the course members orally or in writing
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Fundamentals of Newtonian physics, Basics of Python and Linux (support will be provided).
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Life Science Engineering 20192
10	Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Praktikumsleistung Variabel Examination via a 30' oral exam on the content of the theory, exercises and lab course. Lab course (Studienleistung): Simulation of granular materials with an open-source DEM code</p>
11	Berechnung der Modulnote	Praktikumsleistung (0%) Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h
14	Dauer des Moduls	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ol style="list-style-type: none"> 1) Cundall, P. A., & Strack, O. D. (1979). A discrete numerical model for granular assemblies. <i>Géotechnique</i>, 29(1), 47-65. 2) Pöschel, T., & Schwager, T. (2005). <i>Computational granular dynamics: models and algorithms</i>. Springer Science & Business Media. 3) O'Sullivan, C. (2011). <i>Particulate discrete element modelling: a geomechanics perspective</i>. CRC Press. 4) Thornton, C. (2015). <i>Granular dynamics, contact mechanics and particle system simulations. A DEM study</i>. Particle Technology Series, 24. 5) Smilauer, V., Angelidakis, V., Catalano, E., Caulk, R., Chareyre, B., Chèvremont, W., ... & Yuan, C. (2021). <i>YADE Documentation 3rd ed. The Yade Project</i>.

1	Modulbezeichnung 45341	Fluid-Feststoff-Strömungen mit Praktikum Solid-liquid two phase flow with laboratory	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Die Lehrveranstaltungen des Moduls werden nur im Sommersemester angeboten.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück	
5	Inhalt	<p>Im Rahmen des Moduls "Fluid-Feststoff-Strömungen" soll gezeigt werden, daß die Beschreibung von komplexen Strömungen auch mit einfachen Methoden möglich ist. Anhand der theoretischen Auslegung einer pneumatischen Förderung wird die Problematik unterschiedlicher Strömungszustände aufgezeigt. Darauf aufbauend wird mit einfachen Massen- und Kräftebilanzen der Strömungszustand für die entmischte vertikale Gas-Feststoff-Strömung bestimmt. Damit ist es möglich, das Betriebsverhalten von vertikalen Fluid-Feststoff-Reaktoren, wie z.B. zirkulierende Wirbelschichten oder Riser, vorauszuberechnen. Desweiteren wird das Betriebsverhalten von entmischten vertikalen Gas-Feststoff-Strömungen mit dem bei homogener Fluidisation verglichen und auf die für die Bioverfahrenstechnik bedeutsame Flüssigkeits-Feststoff-Wirbelschicht eingegangen.</p> <p>Die theoretischen Inhalte werden durch die Versuche zur hydraulischen Förderung und zur zirkulierenden Wirbelschicht praktisch umgesetzt.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • identifizieren einfache Methoden der Beschreibung von komplexen Strömungen • stellen anhand der theoretischen Auslegung einer pneumatischen Förderung die Problematik unterschiedlicher Strömungszustände dar • bestimmen mit einfachen Massen- und Kräftebilanzen den Strömungszustand für die entmischte vertikale Gas-Feststoff-Strömung • berechnen das Betriebsverhalten von vertikalen Fluid-Feststoff-Reaktoren voraus • vergleichen das Betriebsverhalten von entmischten vertikalen Gas-Feststoff-Strömungen mit dem bei homogener Fluidisation • führen Versuche zur zirkulierenden Wirbelschicht durch 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Master of Science Life Science Engineering 20152 Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Life Science Engineering 20192	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten) Praktikumsleistung	

11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%) Praktikumsleistung (0%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	Wirth, K.E.: Zirkulierende Wirbelschichten, Springer Verlag, Berlin, 1990

1	Modulbezeichnung 44660	Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz im Ingenieurwesen Machine learning and artificial intelligence in engineering	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Die Lehrveranstaltungen des Moduls werden nur im Sommersemester angeboten.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	PD Dr. Patric Müller	
5	Inhalt	<p>Die Vorlesungen und Übungen vermitteln ausgewählte Algorithmen aus den Bereichen maschinelles Lernen (ML) und künstliche Intelligenz (KI) auf Grundlagenniveau und illustrieren diese anhand von relevanten Anwendungsbeispielen. Besprochen werden unter anderem die folgenden Themengebiete:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lineare und logistische Regression • Regularisierung • Neuronale Netze • Support Vector Machines • Clustering • Dimensionsreduktion • Anomaly Detection • Reinforcement Learning <p>Im Praktikum werden die Inhalte von Vorlesung und Übung durch aktuelle Spezialthemen ergänzt und vertieft. Mögliche Themen sind z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Convolutional Neural networks • Generative Adversarial Networks • Genetic Algorithms • Optimization • Physics Informed Neural Networks • Machine Learning Forecasting • AI-based Image Segmentation • DeepTrack: Using CNNs to Track Particles • Automated Machine Learning • Deep Learning Interpretability • Swarm Intelligence • Visualization of Machine Learning Methods • Informed Reinforcement Learning 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studentinnen und Studenten verstehen</p> <ul style="list-style-type: none"> • was sich hinter den Schlagworten KI und ML verbirgt • verstehen wichtige Algorithmen aus den Bereichen KI und ML und können diese in Ihrer einfachsten Form selbst implementieren • kennen typische, im Bereich der Verfahrenstechnik relevante Anwendungsbeispiele von KI und ML • verstehen a) was KI und ML leisten kann und b) wo KI und ML im eigenen Fachbereich angewendet werden können • sind fähig, sich speziellere KI- und ML-Algorithmen und Anwendungen eigenständig zu erschließen 	

		<ul style="list-style-type: none"> • sind in der Lage die hochaktuellen Themen KI und ML mit solidem Hintergrundwissen zu diskutieren und zu bewerten • kennen einige für KI und ML wichtige Software-Tools (z.B. Python und Tensorflow) und können damit einfache Aufgaben bearbeiten.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 2
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Life Science Engineering 20192
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Praktikumsleistung Variabel (90 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	Praktikumsleistung (0%) Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 165 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Hastie, Tibshirani, Friedman, The elements of statistical learning • Wolfgang Ertel, Grundkurs künstliche Intelligenz • Kelleher, MacNamee, D'Arcy, Fundamentals of Machine Learning for Predictive Data Analytics: Algorithms, Worked Examples, and Case Studies - Goodfellow, Bengio, Courville, Deep Learning • Aurelien Geron, Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems

1	Modulbezeichnung 42062	Python for bioinformatics and data analysis	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Die Lehrveranstaltungen des Moduls werden nur im Sommersemester angeboten. The attendance in the computer lab is compulsory.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Rainer Böckmann	
5	Inhalt	<p>Python Basics: Introduction to modern scripting language Python and Jupyter Notebooks for creating code and visualizations; Data structures, conditions, branching, loops, functions, numpy, scipy, matplotlib libraries</p> <p>Applications in Data Analysis: handling of data and image files, visualization of data for publication, regression & correlation analysis, hypothesis testing, image analysis</p> <p>Applications in Bioinformatics: sequence alignments, RNA-Seq/Gene expression data analysis, NGS data, use of Protein Data Bank, processing of super-resolution image data</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • understand basic concepts of Python programming and Linux shell • acquire problem-oriented programming skills using Python • apply basic Python libraries in data analysis and bioinformatics • solve and implement simple application problems 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 2;1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Life Science Engineering 20192	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	<p>Portfolio PL: written examination (120 min). SL: voluntary homework (bonus to improve the grade of the written examination)</p>	
11	Berechnung der Modulnote	Portfolio (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	

16

Literaturhinweise

- Lecture notes
- Jupyter Notebooks

1	Modulbezeichnung 45230	Rheologie / Rheometrie mit Praktikum Rheology/Rheometry (with laboratory)	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Rheologie/Rheometrie - Übung (1 SWS) Praktikum: Rheologie/Rheometrie - Praktikum (3 SWS) Vorlesung: Rheologie/Rheometrie (2 SWS)	- 2,5 ECTS 5 ECTS
3	Lehrende	Sharadwata Pan Prof. Dr. Andreas Wierschem	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Andreas Wierschem	
5	Inhalt	<p>Rheologie beschäftigt sich mit dem Verformungs- und Fließverhalten von Stoffen. Sie konzentriert sich vor allem auf das Materialverhalten komplexer Materie. Dazu gehören nahezu alle Materialien biologischen Ursprungs wie Zellen, Gewebe, Körperflüssigkeiten, Biopolymere und Proteine aber auch die meisten chemischen Systeme wie allgemein Polymerschmelzen und lösungen, Suspensionen, Emulsionen, Schäume oder Gele. Bei der Entwicklung ingenieurwissenschaftlicher Lösungen sind diese Kenntnisse bzw. deren messtechnische Erfassung von entscheidender Bedeutung. Dies beinhaltet die Bestimmung rheologischer Eigenschaften neuer Materialien aber auch biologischer Systeme, deren Veränderungen bei Krankheiten bzw. deren medikamentöser Behandlung. Es ist unerlässlich bei der Auslegung verfahrenstechnischer Anlagen (z.B. Druckverlust, Auswahl eines Rührorgans, Pumpen, Belastungsgrenzen von Zellen z.B. bei 3D-Druck oder in Bioreaktoren, etc.), der Prozesskontrolle (z.B. beim Drucken, Beschichten, Lackieren, Sprühen, Extrudieren, Etikettieren) bis hin zu den Qualitätsanforderungen des Produkts (Lebensmitteln, Kosmetika, Wasch- und Reinigungsmitteln, etc.).</p> <p>Im Rahmen des Moduls Rheologie/Rheometrie werden die Fließ- und Deformationseigenschaften bei konstanten und zeitabhängigen Beanspruchungen behandelt. Neben empirischen Fließgesetzen wird der Einfluss der Mikrostruktur auf das rheologische Verhalten der Stoffe dargestellt. Zudem werden die entsprechenden Messmethoden (rheometrisch, Online-, Inline-Viskosimeter, rheooptisch) und Einflüsse typischer Messfehler, deren Vermeidung bzw. Korrektur vorgestellt. Studierende werden dabei angeleitet, das erhaltene Wissen anzuwenden, rheologische Problemstellungen zu bewerten und Lösungen zu entwickeln. Darüber hinaus werden sie mit unterschiedlichen rheologischen Messsystemen und methoden vertraut.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Das Modul bietet eine systematische Einführung in die Rheologie und Rheometrie. Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • können die Bedeutung der Rheologie sowohl im Alltag als auch bei industriellen Prozessen nachvollziehen • verfügen über einen Überblick über die verschiedenen grundlegenden rheologischen Phänomene • entwickeln ein konzeptionelles Verständnis für die wesentlichen rheologischen Phänomene 	

		<ul style="list-style-type: none"> • können die erworbenen Grundkenntnisse mit eingeübten Methoden und Vorgehensweisen an Hand von Beispielen praktisch anwenden • sind fähig, rheologische Problemstellungen zu bewerten und Lösungswege anwenden • verstehen die Zusammenhänge zwischen integralen Größen der Messgeräte und rheologischen Messgrößen • können geeignete Messmethoden auswählen und anwenden; erkennen und beheben typische Messfehler.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Grundwissen in Strömungsmechanik bzw. Thermofluiddynamik der Biotechnologie.
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Master of Science Life Science Engineering 20152 Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Life Science Engineering 20192
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten) mündlich, 30 min Praktikumsleistung
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%) Praktikumsleistung (0%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • C. W. Macosko: Rheology - Principles, Measurement and Application, Wiley-VCH (1994) • F. A. Morrison: Understanding Rheology, Oxford Univ. Press (2001) • J. F. Steffe: Rheological Methods in Food Process Engineering, Freeman (1996) • T. G. Mezger: Das Rheologie Handbuch, 5th ed., Vincentz (2016) • H. A. Barnes, J. F. Hutton, K. Walters: An Introduction to Rheology, Elsevier (1989) • R. G. Larson: The Structure and Rheology of Complex Fluids, Oxford (1999) • T. F. Tadros: Rheology of Dispersions, Wiley-VCH (2010) • T. A. Witten: Structured fluids, Oxford (2004) • P. Coussot: Rheometry of Pastes, Suspensions, and Granular Materials, Wiley (2005) • M. Pahl, W. Gleißle, H.-M, Laun: Praktische Rheologie der Kunststoffe und Elastomere, 4. Auflage, VDI-Verlag (1995)

- D. Weipert, H.-D. Tscheuschner, E. Windhab: Rheologie der Lebensmittel, Behrs Verlag (1993)
- M. A. Rao: Rheology of fluid and semisolid foods, 3rd ed., Springer
- J. W. Goodwin, R. W. Hughes: Rheology for Chemists, RSC Publishing (2008)
- D. Lerche, R. Miller, M. Schäffler: Dispersionseigenschaften, 2D-Rheologie, 3D-Rheologie, Stabilität (2015)
- G. G. Fuller: Optical Rheometry of Complex Fluids, Oxford Univ. Press (1995)

1	Modulbezeichnung 46101	Scannen und Drucken in 3D Scanning and printing in 3D	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Praktikum: Practical lab session -- Scannen und Drucken in 3D (0 SWS) Vorlesung mit Übung: SD3D (3 SWS)	- -
3	Lehrende	Dr. Achim Sack Olfa D'Angelo	

4	Modulverantwortliche/r	PD Dr. Patric Müller
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> - Stereo-Imaging - Scannen dreidimensionaler Objekte - Computer-Tomographie und verwandte Techniken - 2D Darstellung dreidimensionaler Datensätze - 3D Bildverarbeitung - 3D Druck-Verfahren - 3D Projektion und Darstellung - Darstellung wissenschaftlicher Daten mittels "Virtueller Realität (VR)
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - beherrschen die physikalischen und technischen Grundlagen zur Aufnahme dreidimensionaler Bilder mittels Stereokameraverfahren, 3D Scannern sowie Computer-Tomographie. - können dreidimensionale Datensätze erfassen, numerisch bearbeiten und wissenschaftlich darstellen. - gehen mit gängigen 3D Druckverfahren sicher um und implementieren diese als wissenschaftliches Werkzeug. - setzen mathematisch/physikalische Konzepte dreidimensionaler Darstellung mittels 3D Projektions- und Display-Verfahren sowie VR-Techniken um.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Matlab-Grundlagen dringend empfohlen!
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Master of Science Life Science Engineering 20152 Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Life Science Engineering 20192
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich/mündlich (120 Minuten) Praktikumsleistung
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich/mündlich (100%) Praktikumsleistung (0%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 120 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch

16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none">- Gregor Honsel, Rapid Manufacturing- Lee Goldmann, Principles of CT and CT Technology- Okoshi, Three-Dimensional Imaging Techniques
----	--------------------------	--

1	Modulbezeichnung 42211	Structural Biology II: Structure and Function Relationships in Biotechnologically Relevant Macromolecules Structural biology II: Structure and function relationships in biotechnologically relevant macromolecules	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Die Lehrveranstaltungen des Moduls werden nur im Sommersemester angeboten. The attendance is compulsory.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Yves Muller
5	Inhalt	<p>Seminar talks cover theoretical and methodological approaches for the study of structure-function relationships in proteins with a focus on the structural determinants that are responsible for the regulation of protein function.</p> <p>Laboratory course focuses on advanced methods to study structure-dynamics-function relationships in proteins. Both experimental (heterologous protein production in eukaryotic cells, X-ray analysis, mutation studies) as well as theoretical methods (atomistic and coarse-grained molecular dynamics simulations) will be addressed. Additionally, students are introduced to X-ray crystallography and investigating protein stability via CD spectroscopy in hands-on lab-training units. The focus of the practical course will be the active participation in ongoing research projects in the participating labs.</p>
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>The students are</p> <ul style="list-style-type: none"> • acquainted with novel insights, concepts, and methods in the study of protein-dynamics-function relationships • understand state-of-the-art methods in the analysis of protein structure, dynamics, function and their limitations • are able to independently develop working hypotheses, to independently design and conduct experiments • able to present and critically discuss current research articles / their results and defend their conclusions in proper context
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	none
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 2;1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Life Science Engineering 20192
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel PL: written examination (45 min.) PL: seminar talk (20 min.) PL: written protocol (approx. 15-20 pages)
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%) written examination 40 %, seminar talk 20 %, written protocol 40 %
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester

13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 120 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	introductory articles will be provided electronically

1	Modulbezeichnung 42201	Structural Biology I: Protein Design and Designer Proteins Structural biology I: Protein design and designer proteins	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Seminar und Übung: Orientierungsmodul Strukturbiologie I: Proteindesign und Designerproteine (8 SWS) Die Übungen sind anwesenheitspflichtig. The attendance is compulsory. Unterrichtssprache Zell- und Molekularbiologie: Deutsch Teaching language Integrated Life Sciences: english	7,5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Rainer Böckmann Prof. Dr. Yves Muller	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Yves Muller	
5	Inhalt	<p>SEM: Lehre von methodischen und theoretischen Ansätzen zum Designen von Proteinen mit veränderten Eigenschaften wie z.B. phage und yeast display, directed evolution und computational protein design. Besprechung herausragender Proteindesignstudien unter aktiver Beteiligung der Studierenden.</p> <p>UE: Die Übungen konzentrieren sich auf die Gebiete computational biology (Schwerpunkt Proteinseitenkettenpackungsalgorithmen oder molecular dynamics Simulationen). Zusätzlich werden Methoden zur experimentellen Verifizierung von Computermodellen wie z.B. Isotherme Titrationskalorimetrie (ITC) und CD-Spektroskopie in hands-on Versuchen vermittelt. Die Übungen erfolgen zu 50 % als individuelle Mitarbeit an aktuellen Projekten der beteiligten Arbeitskreise.</p> <p>Seminar talks cover theoretical and methodological approaches for the design of proteins with modified characteristics including phage and yeast display, directed evolution and computational protein design. A selection of seminal protein design studies will be discussed.</p> <p>Laboratory course focuses on computational protein design (using protein side-chain packing algorithms, or molecular dynamics simulations). Additionally, students are introduced to experimental validation techniques such as isothermal titration calorimetry (ITC) and CD spectroscopy in hands-on lab-training units. The main focus of the practical course will be the active participation in ongoing research projects in the participating labs.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • können die neuesten Erkenntnisse, Konzepte und methodischen Ansätze beim Design von Proteinen mit neuen Eigenschaften erklären und diskutieren; • sind in der Lage, neueste Forschungsergebnisse in diesem Fachgebiet kritisch zu besprechen und zu hinterfragen; • verstehen die aktuellsten Arbeitsmethoden und deren Anwendungen beim Designen von Proteinen; 	

		<ul style="list-style-type: none"> • können den Inhalt eines wissenschaftlichen Primärartikels erarbeiten, die verwendeten Methoden/Ergebnisse erklären und kritisch bewerten und in einem Referat fachgruppengerecht präsentieren und diskutieren; • sind aufgrund der regelmäßigen aktiven Teilnahme fähig, spezifische strukturelle Experimente zu planen und durchzuführen; • können mit anwendungsspezifischen wissenschaftlichen Messgeräten sowie mit Programmen zur Struktursimulation umgehen; • können strukturelle Versuche auswerten und die Ergebnisse in einem Protokoll darstellen sowie kritisch diskutieren. <p>The students are</p> <ul style="list-style-type: none"> • acquainted with novel insights, concepts, and methods for the design of proteins with novel properties • understand state-of-the-art methods in protein design and their limitations • are able to independently develop working hypotheses, to independently design and conduct experiments • able to present and critically discuss current research articles / their results and defend their conclusions in a proper context
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	keine/none
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1;2
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Life Science Engineering 20192
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel PL: schriftliche Prüfung/written examination (45 Min.) PL: mündlicher Seminarvortrag /oral presentaion (20 Min.) PL: schriftliches Protokoll /written protokoll (ca. 15-20 Seiten)
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%) - Schriftliche Prüfung/written examination: 40% - mündlicher Seminarvortrag/oral presentaion : 20%, - schriftliche Protokollheft/written protokoll: 40%
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 120 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch
16	Literaturhinweise	-

1	Modulbezeichnung 94476	Technology of Tissue Engineering (TechTE)	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Die Lehrveranstaltungen des Moduls werden nur im Sommersemester angeboten.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Dr. Martin Vielreicher
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Biomaterials for scaffolds • Biodegradable polymers, composites and bioactive ceramics/ glasses • Technologies for the processing of tissue scaffolds • 3D Bioprinting and electrospinning methods • High-resolution deep scaffold imaging: 2-photon imaging, Second Harmonic Generation imaging, light sheet imaging, examples from TE using biomaterials • Top-down TE, decellularization/recellularization common concepts, challenges, different protocols and chemical processing, optical clearing of bio-scaffolds for 2-photon imaging • Selected decell-/reconst systems: lung, heart, kidney and required bio-reactor technologies • Challenges in skeletal muscle TE and MyoBio bioreactor technology (related to prac class) <p>*Prac class:*</p> <ul style="list-style-type: none"> • Decellularization of a whole skeletal muscle organ in a custom-engineered bioreactor system with optical and environmental continuous monitoring (MyoBio)
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • understand the importance of different concepts in tissue engineering (TE) • know the materials most commonly used in biomaterials, as well as their production and characterization • are familiar with the processing and use of different types of materials such as metals, ceramics and polymers as scaffold structures in TE • conceive the relevance of biomaterials in Tissue Engineering and Regenerative Medicine • are competent to distinguish between the advantages of named biomaterials over others in tissue reconstruction according to the physico-chemical requirements and the cellular seeding prerequisites • apply the different approaches of bottom-up and top-down TE according to respective research questions and applications in Medicine and Industry • are able to choose appropriate optical readout and sensor technologies to monitor the maturation and remodelling of scaffolds by seeded/printed cells

		<ul style="list-style-type: none"> • are able to conceptualise bioreactors for tissue maturation according to the target tissue biophysical, physico-chemical and physiological needs • are able to critically evaluate scientific publications on the lecture topics in the accompanying exercise classes ("Übung) and present study contents and analyses in an oral presentation to the class
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Master of Science Life Science Engineering 20152 Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Life Science Engineering 20192
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel Praktikumsleistung
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (67%) Praktikumsleistung (33%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 165 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Boccaccini, et al. (eds.): Tissue engineering using ceramics and polymers; Elsevier Woodhead, Cambridge, 2014 • Polak, Mantalaris, Harding (eds.): Advances in Tissue Engineering; Oxford u.a., 2010 • Hench, Jones (eds.): Biomaterials, artificial organs and tissue engineering; Oxford, 2005 • Reviews on organ decell-/recell, e.g. Scarritt et al. (2015) A review of cellularization strategies for tissue engineering of whole organs. Front Bioeng Biotechnol 3:43

1	Modulbezeichnung 45336	Trocknungstechnik mit Praktikum Drying technology with laboratory course	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung Trocknungstechnik (0 SWS) Vorlesung: Trocknungstechnik/Drying Technology (0 SWS) Praktikum: Trocknungstechnik Praktikum (3 SWS)	- 5 ECTS -
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen und Ziele der Trocknungstechnik • Zusammenspiel Materialeigenschaften, Prozessbedingungen, Produkteigenschaften • Mechanische Trocknungsverfahren (Filtration, Sedimentation) • Diffusionskontrollierte Trocknungsverfahren • Konvektive Trocknungsverfahren: Grundlagen • Sprühtrocknung • Wirbelschichttrocknung • Modellierung von Trocknungsprozessen und Apperateauslegung 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • sind mit den Grundlagen der diffusionslimitierten und konvektiven Trocknung vertraut; • können anhand von Materialeigenschaften kinetische und kapazitive Prozessgrenzen ableiten; • können verschiedene Trocknungsverfahren klassifizieren und den Anwendungsbereich beurteilen; • sind fähig, verschiedene Prozessvarianten vergleichend gegenüberzustellen; • können mit Hilfe vorgestellter Prozessmodelle, Trocknungsprozesse beschreiben und auslegen; <p>können das erlernte Wissen an Hand ausgewählter Beispiele praktisch umsetzen.</p>	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Master of Science Life Science Engineering 20152 Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Life Science Engineering 20192	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Praktikumsleistung Variabel	
11	Berechnung der Modulnote	Praktikumsleistung (0%) Variabel (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester	

13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch
16	Literaturhinweise	1. O. Krischer, W. Kast: Trocknungstechnik: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik, Springer-Verlag, 2014 2. A.S. Mujumdar (Ed.): Handbook of Industrial Drying, CRC Press, 2013 Gehrman, Esper, Schuchmann: Trocknungstechnik in der Lebensmittelindustrie, Behrs G mbH, 2009.

1	Modulbezeichnung 45190	Umweltbioverfahrenstechnik Biological and environmental process engineering	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Die Lehrveranstaltungen des Moduls werden nur im Sommersemester angeboten.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Dr. Roman Breiter	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Stoffströme in biotechnologischen Prozessen der Reinigung von Wasser, Boden und Luft. • Substratabbau und Wachstum (Trophieebenen, Energieproduktion, Zellsynthese, Schlammalter, endogener Abbau, Massenbilanzen) • Zusammensetzung von Abwasser (Chemische Zusammensetzung von Partikeln und gelösten Stoffen, Kenngrößen für die Abwasserreinigung) • Legislativer Hintergrund (Wasserhaushaltsgesetz, Abwassersatzungen, Direkt- und Indirekteinleitung, Grenzwerte) • Mechanische Vorbehandlung von Abwasser (Siebe, Sandfang, Klärer) • Vorgänge in natürlichen und belüfteten Teichsystemen (physikalische und biologische Belüftung, natürliche biologische Prozesse in Wasser und Sediment) • Land treatment und Land application (Rieselfelder, Infiltrationen, Melioration) • Pflanzenkläranlagen, Free Wetland Systems FWS, Vertical Submerged Beds VSB (Design, Reinigungsprinzipien) • Abwasserbehandlung mit suspendierter Biomasse (Turmbiologie, Biohochreaktor, Belebtschlammverfahren, Verweilzeiten) • Abwasserbehandlung mit sessiler Biomasse (Rotating Biological Contactor RBC, Membranbiologische Verfahren, Tropfkörper) • Stickstoffeliminierung, Nitrifikation, Denitrifikation, N-Spezies und Belüftung) • Phosphateliminierung (Chemische Verfahren, enhanced biological phosphate removal processes EBPR, A/O-Verfahren und Phostrip-Prozess) • Hygienisierung (Legislative Anforderungen, humanpathogene Organismen und Viren, CT-Konzept, Ozonierung und UV-Behandlung) • Anaerobe Verfahren der Schlamm- und Abwasserbehandlung • Boden- und Grundwassersanierung (Gesetzeslage, Natural Attenuation, pump-and-treat-Verfahren) 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • derivieren die Identifikation von Stoffströmen im Umweltschutz aus dem Grundprinzip der Dekontamination und Reinigung, nachdem neben den gereinigten Umweltmedien Boden, 	

		<p>Wasser und Luft nur untoxische Produkte und inerte, untoxische Rückstände entstehen dürfen</p> <ul style="list-style-type: none"> • erkennen den Zusammenhang zwischen der Weiterentwicklung umwelttechnischer Anlagen und gesetzlichen Regelungen • wenden Grundlagen des Substratabbaus, Biomassenwachstums und der Verfügbarkeit von terminalen Elektronenakzeptoren auf biologische Prozesse in natürlichen, aquatischen Systemen an und • können diese natürlichen Prozesse ingenieurstechnisch für die Abwasserreinigung und Grundwassersanierung optimieren und intensivieren • verstehen die Grundlagen der C-, N- und P-Eliminierung und wenden diese auf komplexere Systeme mit mineralischen und organischen Feststoffen sowie gelöste Substanzen in aquatischen Systemen an • leiten Verfahrensvarianten bei geänderten Randbedingungen (Frachten, Konzentrationen, Zusammensetzung, Belüftung) ab • übertragen Kenntnisse von Prozessen im Biofilm (Diffusion, Substratabbau, Limitierungen) auf Prozesse mit den für die Abwasserreinigung typischen, natürlichen Randbedingungen (Mischpopulationen, Zonen verschiedener Elektronenakzeptoren, Makrofauna) • verknüpfen die Grundlagen anaeroben Schadstoffabbaus in Biozönosen mit dem Design von anaeroben Behandlungsanlagen für Schlamm und Abwasser • reflektieren aktuelle Entwicklungen der Sanierung von Boden und Grundwasser anhand von am Lehrstuhl durchgeführten Projekten • führen selbständig Laborexperimente aus aktuellen Themen des Lerngebietes durch
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	<ul style="list-style-type: none"> • Grundkenntnisse der aquatischen Chemie • Grundkenntnisse der Mikrobiologie
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Master of Science Life Science Engineering 20152 Wahlpflichtmodule mit Praktikum Master of Science Life Science Engineering 20192
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Praktikumsleistung Variabel (30 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	Praktikumsleistung (0%) Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester

15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none">• Die englischsprachigen, teilweise durch deutsche Texte ergänzten Unterlagen stehen auf der Studon-Plattform zur Verfügung.• Umfangreiche englischsprachige Tafelanschrift

Wahlpflichtmodule

1	Modulbezeichnung 94475	Application of Cell Technology and Biofabrication Application of Cell Technology and Biofabrication (AppCT+BioFab)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Application of Cell Technology (2 SWS)	3 ECTS
3	Lehrende	Dr.-Ing. Rainer Detsch Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Aldo Boccaccini	
5	Inhalt	<p>This course introduces the basics of biochemistry, cells and cell culture technique. Based on this knowledge, the students will learn how cells interact with biomaterials and how material parameters are influencing protein adsorption, cell adhesion, proliferation and differentiation. Also techniques to study these interactions are discussed in this course. With regards to biomedical engineering, characteristics of cell lines, primary and stem cells are further focal points. To understand the different approaches of tissue engineering, materials, growth factors and bioreactors will be discussed. Based on different hard and soft tissue examples, angiogenesis and tissue regeneration will be focused. Furthermore, students will learn basics about additive manufacturing, hydrogels and cellprinting. This leads to the field of biofabrication.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>The students have the knowledge of the application of cell tissue technologies for tissue engineering in medicine and biomedicine. The students can apply basic research methods e.g. application of cell based interdisciplinary research topics. As the students will discuss current research projects, students are able to interpret and evaluate in vitro data from several biomedical research studies.</p>	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Master of Science Life Science Engineering 20192	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel	
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch	
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Di Silvio (ed.): Cellular Response to Biomaterials; Cambridge u.a., 2009 	

- KC Dee, DA Puleo and R Bizios: Tissue-Biomaterial-Interaction; Wiley-Liss New Jersey, ISBN 0-471-25394-4
- B. D. Ratner et al. (eds.): Biomaterials Science, 2nd Ed., Elsevier, 2004.
- Detsch R, Will J, Hum J, Roether JA, Boccaccini AR. Biomaterials. In 2018. p. 91105. Available from: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-74854-2_6
- Ovsianikov, Aleksandr, Yoo, James, Mironov, Vladimir (Eds.)3D Printing and Biofabrication, ISBN 978-3-319-45445-0

1	Modulbezeichnung 92162	Biophysik und Biomechanik	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Die Lehrveranstaltungen des Moduls werden nur im Sommersemester angeboten.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Ben Fabry
5	Inhalt	Vermittlung von Kenntnissen der Biophysik mit dem Schwerpunkt molekulare Grundlagen der Biomechanik <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Kontinuumsmechanik • Thermodynamik elastischer Deformationen • Struktur der Muskulatur • Modelle der Muskelkontraktion • Krafterzeugung zwischen Aktin und Myosin • Zellmechanik • Mechanik von Bindegewebe und Knochen
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • verstehen molekulare Grundlagen der Biomechanik • können Modelle der Muskelkontraktion nachvollziehen • wenden die Methoden auf konkrete Beispiele an
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Master of Science Life Science Engineering 20192
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch
16	Literaturhinweise	

1	Modulbezeichnung 42903	Clean combustion technology with laboratory course	7,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Die Lehrveranstaltungen des Moduls werden nur im Sommersemester angeboten.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Stefan Will	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung in die Verbrennungstechnik: Grundlagen, laminare Flammen, turbulente Flammen, Verbrennungsmodellierung, Schadstoffbildung, Anwendungsbeispiele. • Einführung in numerische Simulation von Strömungen mit Verbrennung. <p>Content:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to combustion technology: Fundamentals, laminar flames, turbulent flames, conservation equations, modeling of combustion systems, pollutant formation, applications. • Introduction in numerical simulation of flows with combustion. 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden verfügen über vertiefte Fach- und Methodenkompetenzen im Bereich der Verbrennungstechnik, Verbrennungsmodellierung, Schadstoffbildung und der technischen Anwendungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • können unterschiedliche Flammentypen charakterisieren und realisierte technische Anwendungen hinsichtlich Wirkungsgrad und Emissionen vergleichen und bewerten • können die globale Verbrennung sowie einfache Flammen mit thermodynamischen Erhaltungsgleichungen beschreiben • sind mit der interdisziplinären Arbeitsweise an der Schnittstelle von Strömungsmechanik, Thermodynamik und Reaktionstechnik vertraut • haben Verständnis von Methoden der experimentellen und numerischen Verbrennungsanalyse • sind zum Einstieg in die universitäre als auch industrielle Forschung und Entwicklung auf einem aktuellen Themengebiet der Energietechnik befähigt • sind mit den neusten Entwicklungen auf dem Gebiet der technischen und motorischen Verbrennungssysteme vertraut <p>Students will...</p> <ul style="list-style-type: none"> • gain in-depth technical and methodological knowledge in combustion technology, combustion modeling, pollutant formation and engineering applications • are able to characterize different flame types and evaluate technical applications with respect to efficiency and pollutants • can describe global reaction equations as well as simple flames with thermodynamic conservation equations • are familiar with the interdisciplinary approach at the interface of fluid mechanics, thermodynamics and reactive flows 	

		<ul style="list-style-type: none"> • have an understanding of methods of experimental and numerical combustion analysis • are capable of entering university as well as industrial research and development in current topics of energy engineering • are familiar with the development in the field of applicative and engineered combustion systems
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	<p>Grundwissen Thermodynamik und Strömungsmechanik hilfreich. Auch für StudentInnen anderer Fachrichtungen geeignet (Chemie, Physik, Mathematik, Maschinenbau, Mechatronik, Computational Engineering).</p> <p>Prerequisites: Basic Thermodynamics and Fluid Dynamics is helpful. Students of other subjects (Chemistry, Physics, Mathematics, Mechanical Engineering, Mechatronics, Computational Engineering) can also participate.</p>
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Master of Science Life Science Engineering 20192
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel Variabel
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (0%) Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Warnatz, J., Maas, U., Dibble, R. "Verbrennung", 3. Auflage, Springer-Verlag, 2001 • Warnatz, J., Maas, U., Dibble, R. "Combustion", 4th Edition, Springer-Verlag, 2006 • Joos, F. "Technische Verbrennung", Springer-Verlag, 2006

1	Modulbezeichnung 45400	Digitale Bildverarbeitung Digital image processing	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Digitale Bildverarbeitung (2 SWS) Übung: Digitale Bildverarbeitung - Übung (0 SWS)	- -
3	Lehrende	Dr. Achim Sack Olfa D'Angelo	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Thorsten Pöschel
5	Inhalt	Digitale Bildverarbeitung spielt eine immer größere Rolle bei der Durchführung und Auswertung von Messungen in Forschung, Entwicklung und Produktionsüberwachung. Das Modul vermittelt grundlegende und weiterführende Kenntnisse und Techniken zur selbständigen Lösung häufiger Problemstellungen bei der optischen Datennahme und -auswertung. Themen: Licht, Lichtquellen, Kameras, Optik, Aufnahmetechniken, Detektoren, Aberrationen, Digitale Bildtypen, Speicherformate, Abtasttheorem, Kompression, Filter, Rauschen, Kalibrierung, Fourier Transformation, Bildwiederherstellung, Korrelation, PIV, Tracking, Farbbilder, Wavelets, Morphologie, Segmentierung, Repräsentation, Abstraktion, Objekterkennung.
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden können selbstständig optische Daten aufnehmen und auswerten. Sie verstehen das Konzept der zugrundeliegenden Methoden. Unter anderem beherrschen und verwenden Sie Methoden: <ul style="list-style-type: none"> • zur selbstständigen Aufnahme und Verarbeitung digitaler Bilder • zur Filterung von Bildern im Orts- und Fourierraum • zur Segmentierung von Bildern • zur Objekterkennung und Klassifikation von Objekten • zur Objektverfolgung (PIV)
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Master of Science Life Science Engineering 20192
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester

15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	

1	Modulbezeichnung 45141	Discrete Element Simulations	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Die Lehrveranstaltungen des Moduls werden nur im Sommersemester angeboten.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Dr. Vasileios Angelidakis
5	Inhalt	<p>Particulate systems exhibit fascinating material properties across scales, from micro, to meso and macro. The mechanics of such systems are governed by particle-to-particle interactions, which make their behavior difficult to predict. The Discrete Element Method (DEM) has been used for the past four decades to provide micro-mechanical insights into the properties of granular materials. Albeit simple in terms of formulation, using the DEM requires a good understanding of the principles underlying particulate mechanics and a familiarity with specialized software. The aim of this course is to provide the main features of DEM simulations via a combination of theoretical and exercise sessions. Real applications will be presented, where the DEM can be used to simulate problems from engineering and life sciences, such as the transport and handling soils, food, and biological waste.</p> <p>DEM basics - Key elements of a DEM simulation:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Integration of particle motion: Newton's 2nd law • Particles & boundaries: Spheres, facets, walls • Inside an interaction loop: Contact detection, contact geometry, contact law • Material parameters of interest in contact mechanics: Stiffness, friction, damping • Simplifying assumptions of the DEM: Idealized particle shape & contact geometry/physics • When real particles are not spheres: Rolling friction contact models vs explicit modelling • Post-processing: Data at the particle, interaction, and sample scale <p>Computational aspects:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Computational cost vs particle size polydispersity: Fine particles and critical timestep • Density scaling for quasi-static problems • Establishing the size of a Representative Element Volume (REV) • Periodic simulation domains to reduce the REV size • Computational efficiency of single-core vs parallel simulations <p>Metrics of model stability:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reaching equilibrated states: Unbalanced force ratio, symmetry of the REV stress tensor • Mechanical stability: Coordination numbers and porosity <p>Angle of repose (AOR):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cohesionless vs cohesive materials • Effect of interparticle friction and rolling friction coefficients

		<ul style="list-style-type: none"> • Effect of AOR protocol: Plane-strain vs axisymmetric setups (non-uniqueness of AOR) • Effect of sample size <p>Mechanical properties at the meso scale using an REV:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uniaxial compression (Oedometer test) • Isotropic compression ($\sigma_1=\sigma_2=\sigma_3$) • Triaxial compression: <ul style="list-style-type: none"> • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Quantification of shear strength: Macroscopic friction angle & dilatancy ◦ Reaching the critical state: Steady-state shearing ◦ Conventional triaxial test ($\sigma_1>\sigma_2=\sigma_3$) ◦ Test with rigid boundaries vs test in periodic space ◦ Test with and without rolling friction: Restricting rotations vs shear strength ◦ Test of monodisperse vs light polydisperse vs wide polydisperse PSDs ◦ Computational gains and caveats of density scaling for quasi-static systems ◦ Shear behavior of dense vs loose systems: porosity and coordination numbers
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Students who successfully participate in this module can:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Understand the physical phenomena behind a DEM simulation • Identify the key parameters influencing a DEM simulation and their effects • Appreciate the computational cost associated to typical DEM simulations • Collect information on topics of current interest and present the results to the course members orally or in writing
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Fundamentals of Newtonian physics, Basics of Python and Linux (support will be provided).
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Master of Science Life Science Engineering 20192
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel Examination via a 30' oral exam on the content of the theory and exercises.
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch

16	Literaturhinweise	<ol style="list-style-type: none">1) Cundall, P. A., & Strack, O. D. (1979). A discrete numerical model for granular assemblies. <i>Géotechnique</i>, 29(1), 47-65.2) Pöschel, T., & Schwager, T. (2005). <i>Computational granular dynamics: models and algorithms</i>. Springer Science & Business Media.3) O'Sullivan, C. (2011). <i>Particulate discrete element modelling: a geomechanics perspective</i>. CRC Press.4) Thornton, C. (2015). <i>Granular dynamics, contact mechanics and particle system simulations. A DEM study</i>. Particle Technology Series, 24.5) Smilauer, V., Angelidakis, V., Catalano, E., Caulk, R., Chareyre, B., Chèvremont, W., ... & Yuan, C. (2021). <i>YADE Documentation 3rd ed. The Yade Project</i>.
----	--------------------------	--

1	Modulbezeichnung 22070	Epidemiologie Epidemiology	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Epidemiologie LSE Wahlpflichtfach (2 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Olaf Gefeller Prof. Dr. Annette Pfahlberg	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Olaf Gefeller	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Studienplanung beobachtender und experimentell intervenierender Studien in der Medizin • Epidemiologische Studiendesigns und Maßzahlen • Deskriptive Datenbeschreibung • Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung • Korrelations- und Regressionsanalyse • Statistische Methoden zur Evaluation diagnostischer Verfahren • Statistische Schätz- und Testverfahren • Überblick über gebräuchliche statistische Tests • Überlebenszeitanalyse 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • erwerben einen Überblick über epidemiologische und biometrische Herangehensweisen und Argumentationen, • erlernen ein breites Spektrum methodischer Techniken der angewandten Statistik zur Analyse der Beziehung zwischen Risikofaktoren und Krankheiten sowie zur Effektivität therapeutischer Interventionsmaßnahmen, • können Probleme und Schwachstellen epidemiologischer Beweisführungen benennen und kritisch reflektieren, • können nach Absolvieren des Moduls die methodischen Vorgehensweisen der Analyse von Datensätzen beurteilen und praktisch anwenden. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Master of Science Life Science Engineering 20192	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich	
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	

15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	

1	Modulbezeichnung 45340	Fluid-Feststoff-Strömungen Solid-liquid two phase flow	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Die Lehrveranstaltungen des Moduls werden nur im Sommersemester angeboten.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück
5	Inhalt	Im Rahmen des Moduls "Fluid-Feststoff-Strömungen" soll gezeigt werden, daß die Beschreibung von komplexen Strömungen auch mit einfachen Methoden möglich ist. Anhand der theoretischen Auslegung einer pneumatischen Förderung wird die Problematik unterschiedlicher Strömungszustände aufgezeigt. Darauf aufbauend wird mit einfachen Massen- und Kräftebilanzen der Strömungszustand für die entmischte vertikale Gas-Feststoff-Strömung bestimmt. Damit ist es möglich, das Betriebsverhalten von vertikalen Fluid-Feststoff-Reaktoren, wie z.B. zirkulierende Wirbelschichten oder Riser, vorauszuberechnen. Desweiteren wird das Betriebsverhalten von entmischten vertikalen Gas-Feststoff-Strömungen mit dem bei homogener Fluidisation verglichen und auf die für die Bioverfahrenstechnik bedeutsame Flüssigkeits-Feststoff-Wirbelschicht eingegangen.
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • identifizieren einfache Methoden der Beschreibung von komplexen Strömungen • stellen anhand der theoretischen Auslegung einer pneumatischen Förderung die Problematik unterschiedlicher Strömungszustände dar • bestimmen mit einfachen Massen- und Kräftebilanzen den Strömungszustand für die entmischte vertikale Gas-Feststoff-Strömung • berechnen das Betriebsverhalten von vertikalen Fluid-Feststoff-Reaktoren voraus • vergleichen das Betriebsverhalten von entmischten vertikalen Gas-Feststoff-Strömungen mit dem bei homogener Fluidisation • führen Versuche zur zirkulierenden Wirbelschicht durch
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlmodul aus dem Angebot der technischen und naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Life Science Engineering 20192 Wahlpflichtmodule Master of Science Life Science Engineering 20192
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)

11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	Wirth, K.E.: Zirkulierende Wirbelschichten, Springer Verlag, Berlin, 1990

1	Modulbezeichnung 45161	Immun-Biotechnologie	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Immun-Biotechnologie (2 SWS) Übung: Übung zu Immun-Biotechnologie (1 SWS)	5 ECTS -
3	Lehrende	Dr. Martin Vielreicher Michael Haug Prof.Dr.Dr. Oliver Friedrich	

4	Modulverantwortliche/r	Michael Haug
5	Inhalt	<p>*Lecture*:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Immune system revision: immune reaction, cellular and humoral adaptive and innate immune defence system • Process pipelines for antibody (AB) production: polyclonal, monoclonal, recombinant Abs, biosystems and bioreactor • Downstream processing of Abs • Diagnostic and therapeutic AB formulations • Vaccine Technologies • Genetic immune modulation technologies Crspr/Cas9 • Manipulation of immune cells and host immune mediators for targeted therapies in Personalized Medicine, e.g. in cancer, HIV, auto-immune disease, malaria, leukaemia • Organ transplantation: organ rejection through immune incompatibilities, immune-suppression, biotechnology strategies • Recombinant production of immune-modulatory signaling molecules • New trends in diagnostic immune-technologies (e.g. label-free point-of-care systems, blood analyser, etc.) • Nano-immuno-technology <p>*Seminar (exercise course)*:</p> <ul style="list-style-type: none"> • The seminar will be designed in a scenario-group approach where students shall analyse a scenario, define the problem, research for respective solutions, evaluate and reflect on them and present to the class
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Students shall</p> <ul style="list-style-type: none"> • learn and understand the concepts of innate versus adaptive immune reaction • comprehend ways to manipulate immune system reaction through humoral and cellular means • embrace the relationship between genetic diversity and immunological compatibility and be able to depict strategies for genetic manipulation to enforce such compatibility • be able to understand the concept of Personalized Medicine in designing tailored immune-strategies for selected diseases and name strategies to target immune cells, cancer cells and pathogens

		<ul style="list-style-type: none"> • be able to critically evaluate the technological advances over the individual benefits and risks associated with immune biotechnology approaches
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	<ul style="list-style-type: none"> • Basic knowledge in immunology (e.g. through Bachelor course MBT of LSE) • Previous courses on bioprocess engineering and genetic engineering
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Master of Science Life Science Engineering 20192
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel (90 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Literature recommendations will be available through the lecture slide references • Since the field is a young and actively developing field, there are not many text-books available! • Anadurai D (2010) A textbook of Immunology & Immunotechnology. S Chand & Co Ltd. ISBN-13: 978-8121928076

1	Modulbezeichnung 45280	Industrielles Produkt-Design Industrial product design	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: IP (3 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Jens Uhlemann	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Peukert	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Allgemeine Strategie im Produktdesign • Prozessdesign • Produktdesign von Emulsionen, Dispersionen und Schäumen, Kristallinen Materialien, Pulvern, Granulaten und festen Formen sowie neuen Produkten 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • verstehen allgemeine Strategie im Produktdesign • sind mit Produktdesign von Emulsionen, Dispersionen und Schäumen, kristallinen Materialien, sowie Pulvern, Granulaten und festen Formen vertraut • sind fähig, auch neue Produkte zu gestalten • können komplexe Aufgabenstellungen selbständig und zielorientiert bearbeiten 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Master of Science Life Science Engineering 20192	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)	
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)	
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester	
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h	
14	Dauer des Moduls	1 Semester	
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch	
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Cussler, E.L., Moggridge, G.D., Chemical Product Design, Cambridge University Press, Cambridge 2011 • Bröckel, U., Meier, W., Wagner, G., Product Design and Engineering Best Practices, Wiley 2007 • Pahl, G., Beitz, W., Konstruktionslehre Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung. Methoden und Anwendung. 7. Aufl., Springer 2007 • Rähse, W., Chemischer Produktdesign, Springer, 2007 	

1	Modulbezeichnung 44650	Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz im Ingenieurwesen (KI-ING) Machine learning and artificial intelligence in engineering (KI-ING)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Die Lehrveranstaltungen des Moduls werden nur im Sommersemester angeboten.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	PD Dr. Patric Müller	
5	Inhalt	<p>Die Vorlesungen und Übungen vermitteln ausgewählte Algorithmen aus den Bereichen maschinelles Lernen (ML) und künstliche Intelligenz (KI) auf Grundlagenniveau und illustrieren diese anhand von relevanten Anwendungsbeispielen. Besprochen werden unter anderem die folgenden Themengebiete:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lineare und logistische Regression • Regularisierung • Neuronale Netze • Support Vector Machines • Clustering • Dimensionsreduktion • Anomaly Detection • Reinforcement Learning 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studentinnen und Studenten</p> <ul style="list-style-type: none"> • verstehen, was sich hinter den Schlagworten KI und ML verbirgt • verstehen wichtige Algorithmen aus den Bereichen KI und ML und können diese in Ihrer einfachsten Form selbst implementieren • kennen typische, im Bereich der Verfahrenstechnik relevante Anwendungsbeispiele von KI und ML • verstehen a) was KI und ML leisten kann und b) wo KI und ML im eigenen Fachbereich angewendet werden können • sind fähig, sich speziellere KI- und ML-Algorithmen und Anwendungen eigenständig zu erschließen • sind in der Lage die hochaktuellen Themen KI und ML mit solidem Hintergrundwissen zu diskutieren und zu bewerten • kennen einige für KI und ML wichtige Software-Tools (z.B. Python und Tensorflow) und können damit einfache Aufgaben bearbeiten 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Master of Science Life Science Engineering 20192	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel (90 Minuten)	

11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Hastie, Tibshirani, Friedman, The elements of statistical learning • Wolfgang Ertel, Grundkurs künstliche Intelligenz • Kelleher, MacNamee, DArcy, Fundamentals of Machine Learning for Predictive Data Analytics: Algorithms, Worked Examples, and Case Studies - Goodfellow, Bengio, Courville, Deep Learning • Aurelien Geron, Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems

1	Modulbezeichnung 45081	Membranverfahren Membrane processes	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Die Lehrveranstaltungen des Moduls werden nur im Sommersemester angeboten.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Malte Kaspereit
5	Inhalt	<p>Membranverfahren finden vielfältige Anwendung in der chemischen, biotechnologischen und medizinischen Technik, wie z.B. in der Meerwasserentsalzung und Abwasseraufbereitung, für die Trennung organischer Stoffgemische und Produktion von Spezialchemikalien, bei der Aufbereitung von Gemischen aus biotechnologischen Produktionen oder der therapeutischen Blutreinigung.</p> <p>Membranverfahren zeichnen sich dabei durch hohe Leistungsfähigkeit, Selektivität und Zuverlässigkeit aus. Daneben sind sie in hohem Maße "kompatibel" zu anderen Trenn- und Reaktionsprozessen, so dass sie gezielt zu deren Intensivierung in hybriden und reaktiven Trennverfahren eingesetzt werden können.</p> <p>In Rahmen des Moduls werden die technisch relevanten Membrantrennverfahren Umkehrosmose, Nanofiltration, Ultrafiltration, Mikrofiltration, Dialyse, Pervaporation, Gas-Trennung und Elektrodialyse behandelt sowie neuere Entwicklungen vorgestellt. Die Membranverfahren werden ausgehend von ihren physikalisch-chemischen Grundlagen bis hin zur Auslegung technischer Prozesslösungen besprochen, sowie technisch bereits realisierte Verfahren analysiert. Neben typischen Anwendungen wie z.B. der Wasseraufbereitung werden vorwiegend technische Membranverfahren für chemische und biotechnologische Anwendungen vorgestellt. Es wird dabei die Fähigkeit vermittelt, für gegebene Problemstellungen geeignete Verfahrenslösungen auszuwählen, optimierte Prozessparameter für verschiedene Apparate und Stoffsysteme abzuleiten, sowie eine Bewertung hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit vorzunehmen.</p> <p>Gliederung:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Einführung 2. Mikrofiltration 3. Ultrafiltration 4. Nanofiltration 5. Umkehrosmose 6. Dialyse und künstliche Niere 7. Pervaporation 8. Gaspermeation 9. Elektrodialyse 10. Donnan-Dialyse 11. Aktuelle Forschungsgebiete
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen und verstehen die technisch relevanten Membranverfahren und ihre Anwendungsgebiete,

		<ul style="list-style-type: none"> • verstehen die Zusammenhänge zwischen physikalischen Vorgängen und Prozess-Performance, • kennen Messmethoden für wesentliche physiko-chemische Parameter und können sie problemabhängig auswählen, • können selbstständig einfache Prozessmodelle erstellen und lösen, • sind in der Lage, geeignete Verfahrenslösungen auszuwählen, konzeptionell zu entwickeln, auszulegen und ihre Wirtschaftlichkeit zu bewerten.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Grundkenntnisse in thermischen Trennverfahren, Bioseparations oder Downstream Processing
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Master of Science Life Science Engineering 20192
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<p>Weiterführende Literatur bspw.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • R.W. Baker, Membrane Technology and Applications, Wiley, 2004 (besonders empfohlen) • T. Melin, R. Rautenbach, Membranverfahren - Grundlagen der Modul- und Anlagenauslegung, Springer, 2007

1	Modulbezeichnung 45730	Optical Technologies in Life Science Optical technologies in life science	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Optical Technologies in Life Science (4 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	PD Dr.habil. Sebastian Schürmann Dr.-Ing. Lucas Kreiß Prof.Dr.Dr. Oliver Friedrich	

4	Modulverantwortliche/r	PD Dr.habil. Sebastian Schürmann	
5	Inhalt	<p>Inhalte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungen optischer Messmethoden im Bereich der Zellbiologie und Medizin • Mikroskopie: Grundlegende Konzepte und Kontrastverfahren, Auflösungsvermögen und Grenzen, Aufbau und Komponenten von Lichtmikroskopen, Fluoreszenz-Mikroskopie • Anwendungen von Fluoreszenz-Mikroskopie im Life Science Bereich, Verfahren zur Markierung biologischer Strukturen und Vorgänge in Zellen • Epifluoreszenz-, Konfokal-, Multiphotonen-Mikroskopie, Konzepte und Anwendungsbeispiele • Optische Endoskopie und Endomikroskopie in Forschung und Klinik • Super-Resolution Mikroskopie, Konzepte und Anwendungsbeispiele für optische Bildgebung jenseits der beugungsbedingten Auflösungsgrenze <p>Content</p> <ul style="list-style-type: none"> • Application of optical methods in the field of cell biology and medicine • Microscopy: Basic concepts, methods to enhance contrast, optical resolution and limits, components and setup of light microscopes, fluorescence microscopy • Applications of fluorescence microscopy in life sciences, methods for labeling of biological structures and cellular processes • Epi-fluorescence, confocal and multiphoton microscopy, concepts and application examples • Optical endoscopy and endomicroscopy in research and clinics • Super-resolution microscopy, concepts and applications for optical Imaging beyond the diffraction Limit of Resolution 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Lernziele und Kompetenzen</p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • verstehen die grundlegenden Konzepte und technische Umsetzung optischer Technologien im Bereich Life Sciences und kennen typische Anwendungsbeispiele • können verschiedene technische Ansätze im Hinblick auf wissenschaftlich Fragestellungen vergleichen und bewerten 	

		<ul style="list-style-type: none"> • können Vor- und Nachteile verschiedener Technologien, sowie konzeptionelle und praktische Limitationen einschätzen und bei der Analyse wissenschaftlicher Ansätze und Ergebnisse berücksichtigen • können selbstständig vertiefende Informationen zu technischen Lösungen, Materialien und Methoden im Bereich der Mikroskopie und Spektroskopie sammeln, strukturieren, und für die zielgerichtete Planung wissenschaftlicher Experimente auswählen • können wissenschaftliche Fragestellungen und technische Ansätze in Kleingruppen kritisch diskutieren und gemeinschaftlich Ansätze zur Beantwortung von Forschungsfragen mit Hilfe optischer Technologien entwickeln <p>Learning objectives and competences:</p> <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • understand the basic concepts and specific technical approaches to optical technologies in life sciences and identify typical applications examples. • can analyze and compare different technical approaches to scientific research questions. • can summarize advantages and disadvantages of different technologies and assess theoretical and practical limitations with regard to experimental approaches and results. • can find, collect and structure in-depth information on technical solutions, materials and methods in the areas of microscopy and spectroscopy, in order to plan scientific experiments.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	<ul style="list-style-type: none"> • Grundkenntnisse im Bereich Optik und Zellbiologie • Basic knowledge in the fields of optics and cell biology is required
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Master of Science Life Science Engineering 20192
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (120 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Michael W. Davidson et al: Microscopy Primer, http://micro.magnet.fsu.edu, umfassendes Online-Lehrwerk

über grundlegende Mikroskopieverfahren und neuesten technischen Entwicklungen

- Bruce Alberts: Molecular Biology of the Cell, 4th Edition, New York, Garland Science Publisher. Standardlehrwerk für die Zellbiologie.
- Ulrich Kubitschek: Fluorescence Microscopy: from Principles to Biological Applications, Wiley-VCH Verlag.
- Douglas Chandler & Robert Roberson: Bioimaging: Current Concepts in Light and Electron Microscopy, Jones and Bartlett Publishers.

1	Modulbezeichnung 44790	Partikelbasierte Strömungsmechanik	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Die Lehrveranstaltungen des Moduls werden nur im Sommersemester angeboten.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Thorsten Pöschel	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Gegenüberstellung von partikelbasierten und gitterbasierten Verfahren der Strömungsmechanik <ul style="list-style-type: none"> • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Direct Simulation Monte Carlo • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Stochastic Rotation Dynamics ◦ Multi-Particle Collision Dynamics • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Smoothed Particle Hydrodynamics • Comparison of particle-based and grid-based methods in fluid mechanics <ul style="list-style-type: none"> • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Direct Simulation Monte Carlo • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Stochastic Rotation Dynamics ◦ Multi-Particle Collision Dynamics • <ul style="list-style-type: none"> ◦ Smoothed Particle Hydrodynamics 	
6	Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden: <ul style="list-style-type: none"> • kennen die Vor- und Nachteile partikelbasierter Verfahren im Vergleich zu gitterbasierten Verfahren der Strömungsmechanik. • kennen die einzelnen Algorithmen, die hinter den besprochenen Methoden stehen und können Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Methoden darlegen. • kennen die Implementierung der einzelnen Methoden vor dem Hintergrund einer Anwendung auf Hochleistungsrechnern. • kennen die Stärken und Schwächen der besprochenen Methoden und können für verschiedene Situationen die geeignete Methode auswählen. 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Programmieren Grundlagen, Strömungsmechanik Grundlagen	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Master of Science Life Science Engineering 20192	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich oder mündlich	

11	Berechnung der Modulnote	schriftlich oder mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	G.A. Bird, Molecular Gas Dynamics and the Direct Simulation of Gas Flows G. Gompper et al., Multi-Particle Collision Dynamics: A Particle-Based Mesoscale Simulation Approach to the Hydrodynamics of Complex Fluids E.-S. Lee et al., Comparisons of weakly compressible and truly incompressible algorithms for the SPH mesh free particle method.

1	Modulbezeichnung 63461	Pharmazeutische Technologie Focus Module: Pharmaceutical Technology	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Pharmazeutische Technologie (Schiene 1) (0 SWS, SoSe 2024)	-
3	Lehrende	Prof. Dr. Dagmar Fischer	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Dagmar Fischer	
5	Inhalt	<p>Teil A: Magen-Darm-Trakt & Inhalativa</p> <ul style="list-style-type: none"> • Feststoffeigenschaften • Formulierung fester Arzneimittel • Grundoperation Zerkleinern • Grundoperationen Klassieren, Lagern • Grundoperationen Mischen, Trocknen • Granulieren & Pelletieren • Komprimieren • Überziehen • Makrokapseln • Aerosole, Vernebler <p>Teil B: Parenteralia & Topika</p> <ul style="list-style-type: none"> • Formulierung und Herstellung von Arzneilösungen • Proteinanzneistoffe • Pulver & Gefriertrocknung • Löslichkeit, Stabilität • Kolloide • Liposomen & Nanopartikel • Suspensionen & Emulsionen • Implantate & Mikropartikel • Topische Systeme 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierende</p> <ul style="list-style-type: none"> • verstehen die Vorgehensweise und Ziele der Entwicklung neuer Arzneimittel • kennen die erforderlichen Eigenschaften der betroffenen Arzneiformen bezogen auf Herstellung, Stabilität und Anwendung • können die Formulierungen der Arzneiformen inklusive der unterschiedlichen Gruppen der Hilfsstoffe nachvollziehen • kennen die entsprechenden Grundoperationen und Prozesse der Arzneimittelherstellung bezogen auf die entsprechenden Arzneiformen • entwickeln kritisches Verständnis der Arbeitsweise in der pharmazeutischen Industrie • können die Zusammenhänge zwischen Arzneiform, Zusammensetzung, Herstellung und Prüfung nachvollziehen 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	

9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Master of Science Life Science Engineering 20192
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (120 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)
12	Turnus des Angebots	in jedem Semester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	2 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesungskripte (StudON) • Lehrbuch der Pharmazeutischen Technologie, Bauer, Frömming, Führer, WVG Stuttgart

1	Modulbezeichnung 94474	Photon & Neutron Scattering for Structure Determination	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Die Lehrveranstaltungen des Moduls werden nur im Sommersemester angeboten.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Dr. Alberto Leonardi
5	Inhalt	<p>The course aims to provide a comprehensive framework for investigation of chemical systems exploiting advanced photon and neutron scattering methods. Control of chemical and physical processes with atomic scale and fast time-resolution requires use of large-scale sources. Moreover, combination of numerical simulations with experiments is inevitable for designing of new materials and chemical processes. The objective of this course is for the student to learn: (i) what technologies are available for research and industry from international laboratories, (ii) how to access these resources, (iii) how numerical simulations can be used for data analysis.</p> <p>Part I: Theory (30%) Basics - Review of Materials crystal structure - X-ray – Matter interactions (absorption and elastic/inelastic scattering; Auger, etc.) - Scattering Theory (scattering by electron, atom, cell; scattering cross section; form factors) Commercial vs. Large Scale Sources - High energy X-ray and Neutrons (basic properties of X-rays vs. neutrons) - Synchrotron vs. X-ray free-electron-laser vs. neutron (radiation production) - Neutron - Matter interactions (scattering of neutrons; nuclear and magnetic scattering) - Access routes to Large Scale Facilities (project proposal, application process) Part II: Investigation Techniques (40%) Photon scattering for the study of chemical processes - Synchrotron techniques in catalytic science (XRPD, XPDF, XAFS) - Synchrotron techniques for Nanomaterials and Soft Matter Research (SAXS, XPCS) - In situ/operando synchrotron-based X-ray techniques (XRPD, XPDF, XAS, Imaging) Neutron scattering for the study of biological systems - Structure solution of macromolecular systems (SANS) - Macromolecular crystallography (NMX, Single Crystal Diffraction) - Neutron reflectometry (NR) Virtual Experiments - Data based simulation (e.g., Debye scattering equation) - Instrument based simulation (e.g., MC ray-tracing) Part III: Applications (30%)</p>

		<p>Study of condensed matter systems - case study</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mechanism of Crystallization (and growth) of polymers - Spatial and temporal exploration of heterogeneous catalysts. - Study of electrode materials in electrochemical cells during operation (e.g., battery) <p>Study of bio-organic systems - case study</p> <ul style="list-style-type: none"> - Study of water systems, hydroxyl groups, hydronium ions, etc. - Study of domain mixing - Study of membrane protein structure - Study of hydration and protonation states - Studies of oxidized and reduced forms of the protein <p>Note: the discussion of the subjects during the course may not reflect the sequential order in the outline due to practical reasons (as an example applications are luckily to be presented in direct relation to the corresponding techniques and not as an independent segment of the course).</p>
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Students will become familiar with technologies available for industry and research applications at international laboratories, and discuss possibilities, limitations and future developments.</p> <p>Students who successfully participate in this module can:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Understand how scattering techniques are used for characterization of molecular systems, and understand the different type of source (e.g., laboratory X-ray, Synchrotron, Neutron and Neutron TOF) - Apply simulations to support the analysis of neutron and synchrotron scattering data - Identify investigation method and instrument by assessment of material and technique properties. - Collect information on topics of current interest and present the results to the course members orally or in writing - Explain how to access international laboratory resources, and how to support their experimental project proposals.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Fundamentals of general physics
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Master of Science Life Science Engineering 20192
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel

11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch
16	Literaturhinweise	<p># B. E. Warren, "X-Ray Diffraction", Dover Publications Inc. (1990), ISBN: 978-0486663173</p> <p># B. D. Cullity, S. R. Stock, "Elements of X-Ray Diffraction", PRENTICE HALL, ISBN: 978-0201610918</p> <p># A.-J. Dianoux, G. Lander, "Neutron Data Booklet" Institute Laue-Langevin (2003), ISBN: 0-9704143-7-4</p> <p># Silvia D. S., "Elementary scattering theory for X-ray and neutron users", Oxford University Press (2011). ISBN: 0-19-100477-4</p> <p># Squires G. L., "Introduction to the Theory of Thermal Neutron Scattering", Cambridge University Press (2012). ISBN: 9781107644069</p> <p># Als-Nielsen J. & McMorrow D., "Elements of Modern X-ray Physics", John Wiley and Sons (2011). ISBN: 9780470973950</p> <p># Waseda Y., "X-Ray Diffraction Crystallography: Introduction, Examples and Solved Problems", Springer (2011) Berlin Heidelberg. ISBN: 9786613081940</p> <p># Willmott, P., "An Introduction to Synchrotron Radiation: Techniques and Applications", Wiley (2011) New York. ISBN: 9780470745786</p> <p># International Tables of Crystallography</p>

1	Modulbezeichnung 45231	Rheologie / Rheometrie Rheology/Rheometry	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Rheologie/Rheometrie - Übung (1 SWS) Vorlesung: Rheologie/Rheometrie (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Andreas Wierschem Sharadwata Pan	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Andreas Wierschem	
5	Inhalt	<p>Rheologie beschäftigt sich mit dem Verformungs- und Fließverhalten von Stoffen. Sie konzentriert sich vor allem auf das Materialverhalten komplexer Materie. Dazu gehören nahezu alle Materialien biologischen Ursprungs wie Zellen, Gewebe, Körperflüssigkeiten, Biopolymere und Proteine aber auch die meisten chemischen Systeme wie allgemein Polymerschmelzen und Lösungen, Suspensionen, Emulsionen, Schäume oder Gele. Bei der Entwicklung ingenieurwissenschaftlicher Lösungen sind diese Kenntnisse bzw. deren messtechnische Erfassung von entscheidender Bedeutung. Dies beinhaltet die Bestimmung rheologischer Eigenschaften neuer Materialien aber auch biologischer Systeme, deren Veränderungen bei Krankheiten bzw. deren medikamentöser Behandlung. Es ist unerlässlich bei der Auslegung verfahrenstechnischer Anlagen (z.B. Druckverlust, Auswahl eines Rührorgans, Pumpen, Belastungsgrenzen von Zellen z.B. bei 3D-Druck oder in Bioreaktoren, etc.), der Prozesskontrolle (z.B. beim Drucken, Beschichten, Lackieren, Sprühen, Extrudieren, Etikettieren) bis hin zu den Qualitätsanforderungen des Produkts (Lebensmitteln, Kosmetika, Wasch- und Reinigungsmitteln, etc.).</p> <p>Im Rahmen des Moduls Rheologie/Rheometrie werden die Fließ- und Deformationseigenschaften bei konstanten und zeitabhängigen Beanspruchungen behandelt. Neben empirischen Fließgesetzen wird der Einfluss der Mikrostruktur auf das rheologische Verhalten der Stoffe dargestellt. Zudem werden die entsprechenden Messmethoden (rheometrisch, Online-, Inline-Viskosimeter, rheooptisch) und Einflüsse typischer Messfehler, deren Vermeidung bzw. Korrektur vorgestellt. Studierende werden dabei angeleitet, das erhaltene Wissen anzuwenden, rheologische Problemstellungen zu bewerten und Lösungen zu entwickeln.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Das Modul bietet eine systematische Einführung in die Rheologie und Rheometrie. Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • können die Bedeutung der Rheologie sowohl im Alltag als auch bei industriellen Prozessen nachvollziehen • verfügen über einen Überblick über die verschiedenen grundlegenden rheologischen Phänomene • entwickeln ein konzeptionelles Verständnis für die wesentlichen rheologischen Phänomene • können die erworbenen Grundkenntnisse mit eingeübten Methoden und Vorgehensweisen an Hand von Beispielen praktisch anwenden 	

		<ul style="list-style-type: none"> • sind fähig, rheologische Problemstellungen zu bewerten und Lösungswege anwenden • verstehen die Zusammenhänge zwischen integralen Größen der Messgeräte und rheologischen Messgrößen • können geeignete Messmethoden auswählen, lernen typische Messfehler erkennen und beheben bzw. vermeiden.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Grundwissen in Strömungsmechanik bzw. Thermofluidynamik der Biotechnologie.
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Master of Science Life Science Engineering 20192
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten) mündlich, 30 min
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • C. W. Macosko: Rheology - Principles, Measurement and Application, Wiley-VCH (1994) • F. A. Morrison: Understanding Rheology, Oxford Univ. Press (2001) • J. F. Steffe: Rheological Methods in Food Process Engineering, Freeman (1996) • T. G. Mezger: Das Rheologie Handbuch, 5th ed., Vincentz (2016) • H. A. Barnes, J. F. Hutton, K. Walters: An Introduction to Rheology, Elsevier (1989) • R. G. Larson: The Structure and Rheology of Complex Fluids, Oxford (1999) • T. F. Tadros: Rheology of Dispersions, Wiley-VCH (2010) • T. A. Witten: Structured fluids, Oxford (2004) • P. Coussot: Rheometry of Pastes, Suspensions, and Granular Materials, Wiley (2005) • M. Pahl, W. Gleißle, H.-M. Laun: Praktische Rheologie der Kunststoffe und Elastomere, 4. Auflage, VDI-Verlag (1995) • D. Weipert, H.-D. Tscheuschner, E. Windhab: Rheologie der Lebensmittel, Behrs Verlag (1993) • M. A. Rao: Rheology of fluid and semisolid foods, 3rd ed., Springer • J. W. Goodwin, R. W. Hughes: Rheology for Chemists, RSC Publishing (2008)

- D. Lerche, R. Miller, M. Schäffler: Dispersionseigenschaften, 2D-Rheologie, 3D-Rheologie, Stabilität (2015)
- G. G. Fuller: Optical Rheometry of Complex Fluids, Oxford Univ. Press (1995)

1	Modulbezeichnung 46100	Scannen und Drucken in 3D Scanning and printing in 3D	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: SD3D (3 SWS)	-
3	Lehrende	Olfa D'Angelo	

4	Modulverantwortliche/r	PD Dr. Patric Müller
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> - Stereo-Imaging - Scannen dreidimensionaler Objekte - Computer-Tomographie und verwandte Techniken - 2D Darstellung dreidimensionaler Datensätze - 3D Bildverarbeitung - 3D Druck-Verfahren - 3D Projektion und Darstellung - Darstellung wissenschaftlicher Daten mittels "Virtueller Realität (VR)
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - beherrschen die physikalischen und technischen Grundlagen zur Aufnahme dreidimensionaler Bilder mittels Stereokameraverfahren, 3D Scannern sowie Computer-Tomographie. - können dreidimensionale Datensätze erfassen, numerisch bearbeiten und wissenschaftlich darstellen. - gehen mit gängigen 3D Druckverfahren sicher um und implementieren diese als wissenschaftliches Werkzeug. - setzen mathematisch/physikalische Konzepte dreidimensionaler Darstellung mittels 3D Projektions- und Display-Verfahren sowie VR-Techniken um.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Matlab-Grundlagen dringend empfohlen!
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Master of Science Life Science Engineering 20192
10	Studien- und Prüfungsleistungen	schriftlich/mündlich (120 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	schriftlich/mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> - Gregor Honsel, Rapid Manufacturing - Lee Goldmann, Principles of CT and CT Technology

1	Modulbezeichnung 42936	Self-organisation processes	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Die Lehrveranstaltungen des Moduls werden nur im Sommersemester angeboten.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Michael Engel	
5	Inhalt	<p>Structure formation with elementary building blocks in molecular, particulate, soft, and biological systems. Theoretical aspects, experimental realizations, and applications are discussed.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Theory 1 (introduction): the idea of building blocks, thermodynamic principles • Theory 2 (continuum): spinodal decomposition, reaction diffusion, phase field model, feedback • Theory 3 (particles): entropy maximization, interface minimization • Molecules 1 (basics): molecular interactions, role of shape • Molecules 2 (liquid crystals): topological order, defects • Molecules 3 (interfaces): surfactants, micelles, emulsions, foams, vesicles • Molecules 4 (beyond): block copolymers, membranes, proteins, metal organic frameworks • Colloids 1: Methods for the synthesis of colloidal building blocks for self-organization • Colloids 2: Bulk crystallization, assembly by depletion, electrostatics, confinement by solid-fluid interfaces, opals • Colloids 3: Assembly at planar and curved fluid-fluid interfaces, pickering emulsions • Colloids 4: Convective assembly, film formation techniques and defects, coffee ring effect, templating • Bioinspired 1 (dynamic self-assembly): active matter, bacteria, swarms, robots • Bioinspired 2 (design): programmable assembly, DNA nanotechnology, inverse problems 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Successful completion of this module confirms students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • describe complex self-organization processes with the help of simple model systems • apply this knowledge to physical, chemical, and bioinspired systems • develop an advanced understanding of the self-organization of (macro)molecules and colloids • understand processes to direct and influence self-organization processes • judge the relevance of self-organization for the processing and synthesis of materials • gain insight into current research in the field of the lecture 	

7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Master of Science Life Science Engineering 20192
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 75 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Ian W. Hamley, "Introduction to Soft Matter: Synthetic and Biological Self-Assembling Materials", Wiley, 2007. • Yoon S. Lee, „Self-Assembly and Nanotechnology Systems“, Wiley, 2011. • Scott Camazine, Jean-Louis Deneubourg, Nigel R. Franks, „Self-Organization in Biological Systems“, Princeton University Press, 2003. • John A. Pelesko, „Self Assembly: The Science of Things That Put Themselves Together“, Chapman and Hall/CRC, 2007. • Jacob N. Israelachvili, „Intermolecular and Surface Forces“, Academic Press, 2011.

1	Modulbezeichnung 92890	Technische Chromatographie Technical chromatography	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Technische Chromatographie (2 SWS) Übung: Übung zu Technische Chromatographie (1 SWS)	5 ECTS -
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Malte Kaspereit Malvina Supper Peter Leicht	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Malte Kaspereit
5	Inhalt	<p>Die technische Chromatographie ist ein sehr leistungsfähiges Trennverfahren, das insbesondere für schwierige Trennaufgaben genutzt wird. Sie hat große Bedeutung bei der Produktion von z.B. Feinchemikalien, Pharmazeutika und biotechnologischen Produkten. Chromatographische Prozesse werden periodisch betrieben, was ihre Entwicklung und Auslegung anspruchsvoll macht. Andererseits bieten sie viele Freiheitsgrade, was besonders innovative Verfahrenskonzepte ermöglicht.</p> <p>Die Vorlesung vermittelt eine ingenieurwissenschaftliche Sicht auf die Chromatographie. Behandelt werden die wesentlichen Grundprinzipien und Prozesskonzepte. Der Einfluss physiko-chemischer Vorgänge auf Prozessdynamik und -Performance wird im Rahmen der modellbasierten Auslegung entsprechender Verfahren diskutiert. Wichtige apparative und anwendungsbezogene Aspekte werden anhand relevanter Beispiele erläutert.</p> <p>Gliederung:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Einleitung 2 Grundlegende Prinzipien 3 Prozessdynamik unter idealen Bedingungen 4 Prozessdynamik unter realen Bedingungen 5 Modellierung chromatographischer Prozesse 6 Auslegung und Optimierung chromatographischer Verfahren 7 Innovative Verfahrenskonzepte 8 Anwendungsbereiche der Chromatographie
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen und verstehen die technisch relevanten chromatographischen Verfahren und ihre Anwendungsgebiete, • verstehen die Zusammenhänge zwischen physikalischen Vorgängen, Chromatogrammen und Prozess-Performance, • verstehen grundlegend die nichtlineare Dynamik chromatographischer Prozesse, • kennen gebräuchliche Prozessmodelle und können sie problemabhängig auswählen, • kennen Messmethoden für wesentliche physiko-chemische Parameter und können sie problemabhängig auswählen, • können selbstständig einfache Prozessmodelle erstellen und lösen,

		<ul style="list-style-type: none"> • sind in der Lage, chromatographische Verfahren konzeptionell zu entwickeln, auszulegen und zu bewerten.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Master of Science Life Science Engineering 20192
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich
11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<p>Vertiefend neben dem angebotenen vorlesungsbegleitenden Material bspw.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schmidt-Traub, Schulte, Seidel-Morgenstern (Eds.), Preparative Chromatography of Fine Chemicals and Pharmaceutical Agents (2nd ed), Wiley-VCH, 2012 • Guiochon, Shirazi, Felinger, Katti, Fundamentals of Preparative and Nonlinear Chromatography Academic Press, 2006

1	Modulbezeichnung 94477	Technology of Tissue Engineering (TechTE)	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Die Lehrveranstaltungen des Moduls werden nur im Sommersemester angeboten.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Dr. Martin Vielreicher
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Biomaterials for scaffolds • Biodegradable polymers, composites and bioactive ceramics/ glasses • Technologies for the processing of tissue scaffolds • 3D Bioprinting and electrospinning methods • High-resolution deep scaffold imaging: 2-photon imaging, Second Harmonic Generation imaging, light sheet imaging, examples from TE using biomaterials • Top-down TE, decellularization/recellularization common concepts, challenges, different protocols and chemical processing, optical clearing of bio-scaffolds for 2-photon imaging • Selected decell-/reconst systems: lung, heart, kidney and required bio-reactor technologies • Challenges in skeletal muscle TE and MyoBio bioreactor technology (related to prac class)
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • understand the importance of different concepts in tissue engineering (TE) • know the materials most commonly used in biomaterials, as well as their production and characterization • are familiar with the processing and use of different types of materials such as metals, ceramics and polymers as scaffold structures in TE • conceive the relevance of biomaterials in Tissue Engineering and Regenerative Medicine • are competent to distinguish between the advantages of named biomaterials over others in tissue reconstruction according to the physico-chemical requirements and the cellular seeding prerequisites • apply the different approaches of bottom-up and top-down TE according to respective research questions and applications in Medicine and Industry • are able to choose appropriate optical readout and sensor technologies to monitor the maturation and remodelling of scaffolds by seeded/printed cells • are able to conceptualise bioreactors for tissue maturation according to the target tissue biophysical, physico-chemical and physiological needs • are able to critically evaluate scientific publications on the lecture topics in the accompanying exercise classes

		("Übung) and present study contents and analyses in an oral presentation to the class
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Master of Science Life Science Engineering 20192
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Boccaccini, et al. (eds.): Tissue engineering using ceramics and polymers; Elsevier Woodhead, Cambridge, 2014 • Polak, Mantalaris, Harding (eds.): Advances in Tissue Engineering; Oxford u.a., 2010 • Hench, Jones (eds.): Biomaterials, artificial organs and tissue engineering; Oxford, 2005 • Reviews on organ decell-/recell, e.g. Scarritt et al. (2015) A review of cellularization strategies for tissue engineering of whole organs. Front Bioeng Biotechnol 3:43

1	Modulbezeichnung 45335	Trocknungstechnik Drying technology	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung Trocknungstechnik (0 SWS) Vorlesung: Trocknungstechnik/Drying Technology (0 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen und Ziele der Trocknungstechnik • Zusammenspiel Materialeigenschaften, Prozessbedingungen, Produkteigenschaften • Mechanische Trocknungsverfahren (Filtration, Sedimentation) • Diffusionskontrollierte Trocknungsverfahren • Konvektive Trocknungsverfahren: Grundlagen • Sprühtrocknung • Wirbelschichttrocknung • Modellierung von Trocknungsprozessen und Apparateauslegung
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • sind mit den Grundlagen der diffusionslimitierten und konvektiven Trocknung vertraut; • können anhand von Materialeigenschaften kinetische und kapazitive Prozessgrenzen ableiten; • können verschiedene Trocknungsverfahren klassifizieren und den Anwendungsbereich beurteilen; • sind fähig, verschiedene Prozessvarianten vergleichend gegenüberzustellen; • können mit Hilfe vorgestellter Prozessmodelle, Trocknungsprozesse beschreiben und auslegen; • können das erlernte Wissen an Hand ausgewählter Beispiele praktisch umsetzen.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlpflichtmodule Master of Science Life Science Engineering 20152 Wahlpflichtmodule Master of Science Life Science Engineering 20192
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester

15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch oder Englisch
16	Literaturhinweise	<p>1. O. Krischer, W. Kast: Trocknungstechnik: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik, Springer-Verlag, 2014</p> <p>2. A.S. Mujumdar (Ed.): Handbook of Industrial Drying, CRC Press, 2013</p> <p>Gehrmann, Esper, Schuchmann: Trocknungstechnik in der Lebensmittelindustrie, Behrs G mbH, 2009.</p>

1	Modulbezeichnung 45160	Umweltbioverfahrenstechnik Biological and environmental process engineering	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Die Lehrveranstaltungen des Moduls werden nur im Sommersemester angeboten.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Dr. Roman Breiter	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Stoffströme in biotechnologischen Prozessen der Reinigung von Wasser, Boden und Luft. • Substratabbau und Wachstum (Trophieebenen, Energieproduktion, Zellsynthese, Schlammalter, endogener Abbau, Massenbilanzen) • Zusammensetzung von Abwasser (Chemische Zusammensetzung von Partikeln und gelösten Stoffen, Kenngrößen für die Abwasserreinigung) • Legislativer Hintergrund (Wasserhaushaltsgesetz, Abwassersatzungen, Direkt- und Indirekteinleitung, Grenzwerte) • Mechanische Vorbehandlung von Abwasser (Siebe, Sandfang, Klärer) • Vorgänge in natürlichen und belüfteten Teichsystemen (physikalische und biologische Belüftung, natürliche biologische Prozesse in Wasser und Sediment) • Land treatment und Land application (Rieselfelder, Infiltrationen, Melioration) • Pflanzenkläranlagen, Free Wetland Systems FWS, Vertical Submerged Beds VSB (Design, Reinigungsprinzipien) • Abwasserbehandlung mit suspendierter Biomasse (Turmbiologie, Biohochreaktor, Belebtschlammverfahren, Verweilzeiten) • Abwasserbehandlung mit sessiler Biomasse (Rotating Biological Contactor RBC, Membranbiologische Verfahren, Tropfkörper) • Stickstoffeliminierung, Nitrifikation, Denitrifikation, N-Spezies und Belüftung) • Phosphateliminierung (Chemische Verfahren, enhanced biological phosphate removal processes EBPR, A/O-Verfahren und Phostrip-Prozess) • Hygienisierung (Legislative Anforderungen, humanpathogene Organismen und Viren, CT-Konzept, Ozonierung und UV-Behandlung) • Anaerobe Verfahren der Schlamm- und Abwasserbehandlung • Boden- und Grundwassersanierung (Gesetzeslage, Natural Attenuation, pump-and-treat-Verfahren) 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • verstehen die Identifikation von Stoffströmen im Umweltschutz aus dem Grundprinzip der Dekontamination und Reinigung, nachdem neben den gereinigten Umweltmedien Boden, 	

		<p>Wasser und Luft nur untoxische Produkte und inerte, untoxische Rückstände entstehen dürfen.</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen den Zusammenhang zwischen der Weiterentwicklung umwelttechnischer Anlagen und gesetzlichen Regelungen. • wenden Grundlagen des Substratabbaus, Biomassenwachstums und der Verfügbarkeit von terminalen Elektronenakzeptoren auf biologische Prozesse in natürlichen, aquatischen Systemen an und • können diese natürlichen Prozesse ingenieurstechnisch für die Abwasserreinigung und Grundwassersanierung optimieren und intensivieren. • kennen Grundlagen der C-, N- und P-Eliminierung und wenden diese auf komplexere Systeme mit mineralischen und organischen Feststoffen sowie gelöste Substanzen in aquatischen Systemen an. • leiten Verfahrensvarianten bei geänderten Randbedingungen (Frachten, Konzentrationen, Zusammensetzung, Belüftung) ab. • übertragen Kenntnisse von Prozessen im Biofilm (Diffusion, Substratabbau, Limitierungen) auf Prozesse mit den für die Abwasserreinigung typischen, natürlichen Randbedingungen (Mischpopulationen, Zonen verschiedener Elektronenakzeptoren, Makrofauna). • kennen die Grundlagen anaeroben Schadstoffabbaus in Biozönosen und verknüpfen diese mit dem Design von anaeroben Behandlungsanlagen für Schlamm und Abwasser. • kennen aktuelle Entwicklungen der Sanierung von Boden und Grundwasser anhand von am Lehrstuhl durchgeführten Projekten.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	<ul style="list-style-type: none"> • Grundkenntnisse der aquatischen Chemie • Grundkenntnisse der Mikrobiologie
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1
9	Verwendbarkeit des Moduls	Ergänzungsmodule Master of Science Life Science Engineering 20152 Wahlpflichtmodule Master of Science Life Science Engineering 20192
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel (30 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch Englisch

16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none">• Die englischsprachigen, teilweise durch deutsche Texte ergänzten Unterlagen stehen auf der Studon-Plattform zur Verfügung.• Umfangreiche englischsprachige Tafelanschrift
----	--------------------------	--

Wahlmodul aus dem Angebot der technischen und naturwissenschaftlichen Fakultät

1	Modulbezeichnung 63375	Biotechnologie 4: Metabolic Engineering Biotechnology 4: Metabolic engineering	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Die Lehrveranstaltungen des Moduls werden nur im Sommersemester angeboten.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Sebastian Aljoscha Wahl
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Experimentelle Ansätze zur Analyse biologischer Systeme mit Omics"-Technologien • Aktuelle Methoden im Bereich des Metabolic Engineering • Möglichkeiten und Herausforderungen der Analyse und Design von Stoffwechselwegen mit aktuellen Beispielen • Grundlagen der mathematischen Modellbildung für zelluläre Systeme (Stöchiometrische Netzwerke, Thermodynamik, Resource allocation, Kinetik) • Modellanalyse (Sensitivitätsanalyse, Parameterschätzung) • Ansätze aus der Datenanalyse für biotechnologische Systeme
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • kennen grundlegende Arbeitstechniken für die umfassende Analyse und den gezielten Eingriff in den Stoffwechsel von Organismen. • haben ein Verständnis für die Möglichkeiten und Herausforderungen bei der systematischen gentechnischen Manipulation von Organismen. • können Bilanzgleichungen für komplexe zelluläre Netzwerke erstellen und analysieren. • können experimentelle Ergebnisse anhand von Modellen einordnen und interpretieren.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 6
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlmodul aus dem Angebot der technischen und naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Life Science Engineering 20192
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (120 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch

16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none">• Sahm, H.; Antranikian, G.; Stahmann, K.-P.; Takors, R. (Hrsg.), Industrielle Mikrobiologie Springer Spektrum Verlag, 2012, ISBN 978-3-8274-3039-7• Kremling A., Systems Biology: Mathematical Modeling and Model Analysis. Chapman and Hall/CRC, 2013, ISBN 978146656789• Orth, J., Thiele, I. & Palsson, B. What is flux balance analysis?. Nat Biotechnol 28, 245248 (2010). https://doi-org.tudelft.idm.oclc.org/10.1038/nbt.1614
----	--------------------------	--

1	Modulbezeichnung 82570	BWL für Ingenieure Business studies for engineers	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: BWL für Ingenieure I (2 SWS) Vorlesung mit Übung: BWL für Ingenieure II (2 SWS)	- -
3	Lehrende	Prof. Dr. Kai-Ingo Voigt Lars Friedrich	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Kai-Ingo Voigt	
5	Inhalt	<p>BW 1 (konstitutive Grundlagen): Grundlagen und Vertiefung spezifischer Aspekte der Rechtsform-, Standort-, Organisations- und Strategiewahl</p> <p>BW 2 (operative Leistungsprozesse): Betrachtung der unternehmerischen Kernprozesse Forschung und Entwicklung mit Fokus auf das Technologie- und Innovationsmanagement, Beschaffung und Produktion sowie Marketing und Vertrieb</p> <p>BW 3 (Unternehmensgründung): Grundlagen der Gründungsplanung und des Gründungsmanagements BW 3 Übung (Vertiefung und Businessplanerstellung): Vertiefung einzelner Schwerpunkte aus den Bereichen BW 1, 2 und 3 sowie ausgewählte Fallstudien zu wichtigen Elementen eines Businessplans</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> erwerben Kenntnisse über Grundfragen der allgemeinen Betriebswirtschaftslehre verstehen die Kernprozesse der Unternehmung und die damit verbundenen zentralen Fragestellungen erwerben ein Verständnis für den Entwicklungsprozess der Unternehmung sowie deren Kernprozesse, insbesondere verfügen sie über breites und integriertes Wissen einschließlich der wissenschaftlichen Grundlagen in den Bereichen Forschung und Entwicklung, Beschaffung, Produktion, Marketing und Vertrieb. können Fragen des Technologie- und Innovationsmanagements anhand der Anwendung ausgewählter Methoden und Instrumente erschließen wissen um die Bestandteile eines Businessplans, deren Bedeutung und sind in der Lage, diese zu verfassen und zu beurteilen 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Ergänzungsmodule Master of Science Life Science Engineering 20152 Wahlmodul aus dem Angebot der technischen und naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Life Science Engineering 20192	

10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (60 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)
12	Turnus des Angebots	in jedem Semester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	2 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	Voigt, Industrielles Management, 2008

1	Modulbezeichnung 45340	Fluid-Feststoff-Strömungen Solid-liquid two phase flow	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Die Lehrveranstaltungen des Moduls werden nur im Sommersemester angeboten.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Andreas Bück	
5	Inhalt	<p>Im Rahmen des Moduls "Fluid-Feststoff-Strömungen" soll gezeigt werden, daß die Beschreibung von komplexen Strömungen auch mit einfachen Methoden möglich ist. Anhand der theoretischen Auslegung einer pneumatischen Förderung wird die Problematik unterschiedlicher Strömungszustände aufgezeigt. Darauf aufbauend wird mit einfachen Massen- und Kräftebilanzen der Strömungszustand für die entmischte vertikale Gas-Feststoff-Strömung bestimmt. Damit ist es möglich, das Betriebsverhalten von vertikalen Fluid-Feststoff-Reaktoren, wie z.B. zirkulierende Wirbelschichten oder Riser, vorauszuberechnen. Desweiteren wird das Betriebsverhalten von entmischten vertikalen Gas-Feststoff-Strömungen mit dem bei homogener Fluidisation verglichen und auf die für die Bioverfahrenstechnik bedeutsame Flüssigkeits-Feststoff-Wirbelschicht eingegangen.</p>	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • identifizieren einfache Methoden der Beschreibung von komplexen Strömungen • stellen anhand der theoretischen Auslegung einer pneumatischen Förderung die Problematik unterschiedlicher Strömungszustände dar • bestimmen mit einfachen Massen- und Kräftebilanzen den Strömungszustand für die entmischte vertikale Gas-Feststoff-Strömung • berechnen das Betriebsverhalten von vertikalen Fluid-Feststoff-Reaktoren voraus • vergleichen das Betriebsverhalten von entmischten vertikalen Gas-Feststoff-Strömungen mit dem bei homogener Fluidisation • führen Versuche zur zirkulierenden Wirbelschicht durch 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 1	
9	Verwendbarkeit des Moduls	<p>Wahlmodul aus dem Angebot der technischen und naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Life Science Engineering 20192 Wahlpflichtmodule Master of Science Life Science Engineering 20192</p>	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	mündlich (30 Minuten)	

11	Berechnung der Modulnote	mündlich (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	Wirth, K.E.: Zirkulierende Wirbelschichten, Springer Verlag, Berlin, 1990

1	Modulbezeichnung 92130	Genetic Engineering (Gentechnik) Genetic engineering	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Die Lehrveranstaltungen des Moduls werden nur im Sommersemester angeboten.	
3	Lehrende	-	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Bärbel Kappes	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Geschichte des Genetic Engineering • Molekularbiologische Grundlagen gentechnologischer Verfahren • Methoden des Genetic Engineering • Das Humane Genomprojekt als erstes Großprojekt im Bereich Genetic Engineering • Epigenetik und ihre Konsequenzen für das Genetic Engineering • Stammzelltechnologien • Transgene Pflanzen und Tiere Anwendungen und Restriktionen" • Ausblick in die Synthetische Biologie 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • verstehen und beschreiben grundlegende gentechnologische Techniken und können deren molekularen oder biochemischen Grundlagen erklären • sind mit verschiedenen Vektorsystemen vertraut und können diese hinsichtlich ihre Verwendbarkeit für die jeweiligen Klonierungsstrategien beurteilen • kennen grundlegende Klonierungsabläufe und können selbständig Klonierungsstrategien entwickeln • sind mit den Verfahren zur Herstellung transgener pflanzlicher und tierischer Organismen vertraut • erlangen die Kompetenz wissenschaftliche Ergebnisse und Technologien im Bereich Genetic Engineering zu analysieren und zu bewerten • erweitern ihre soft skills, in dem sie selbständig einen Vortrag zu einem spezifischen Thema im Bereich Genetic Engineering ausarbeiten, im Plenum präsentieren, die Diskussion leiten und ein Handout erstellen (optional) 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlmodul aus dem Angebot der technischen und naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Life Science Engineering 20192	
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Praktikumsleistung Variabel	

11	Berechnung der Modulnote	Praktikumsleistung (0%) Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Sommersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • An Introduction to Genetic Engineering Third Edition, Dr Desmond S. T. Nicholl • Biotechnologie für Einsteiger - Reinhard Renneberg, Darja Süßbier • Molekulare Biotechnologie: Konzepte, Methode und Anwendungen Michael Wink

1	Modulbezeichnung 94480	Reinraumtechnik Clean room technology	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Peukert	
5	Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Geschichtliche Entwicklung der Reinraumtechnik • Reinraumklassen • Reinraumfilter • Struktur von Reinräumen • Klimaanlageanlagen • Kontamination • Reinraumkleidung • Medienversorgung / Entsorgung • Automatisierung • Wirtschaftlichkeit • Sicherheit • Anwendungen von Reinräumen • Grundlagen der Luftströmung • Strömungsformen im Reinraum • Strömungsoptimierung im Reinraum • Maschinen im Reinraum • Reinraummaterialien • Partikelmesstechnik • Filtertechnik 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • verstehen die Grundlagen der Reinraumtechnik und deren Anwendung auf verschiedenste Gebiete der Naturwissenschaften • sind in der Lage, definierte Reinraumbedingungen diesen Anwendungsfällen selbständig zuzuordnen • kennen die Komponenten der Reinraumtechnik und verstehen ihre Auswirkung auf die Qualität eines Reinraumes • sind mit Sicherheitsanforderungen vertraut, kennen spezifische Verhaltensregeln und können diese in der Laborpraxis anwenden • sind zu einem späteren (eingeschränkten) Arbeiten im Reinraum qualifiziert 	
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine	
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!	
9	Verwendbarkeit des Moduls	Masterprüfung Master of Science Life Science Engineering 2007	

		Wahlmodul aus dem Angebot der technischen und naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Life Science Engineering 20192
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Variabel
11	Berechnung der Modulnote	Variabel (100%)
12	Turnus des Angebots	nur im Wintersemester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	<ul style="list-style-type: none"> • W. Whyte, Cleanroom Technology: Fundamentals of Design, Testing and Operation, Second Edition, Wiley & Sons 2010, ISBN 0-471-86842-6 • L. Gail, H.-P.Hortig, Reinraumtechnik, 2. Auflage, Springer 2004, ISBN 3-540-20542-X • L. Geil, U. Gommel, H. Weißsieker, Projektplanung Reinraumtechnik, Hüthig 2009, ISBN 978-3-7785-4004-6 • Cleanroom Microbiology for the Non-Microbiologist, David Carlberg, 2nd edition, CRC Press 2004, ISBN 0-8493-1996-X

1	Modulbezeichnung 96833	Wissenschaftliches Arbeiten in den Ingenieur- und Naturwissenschaften	2,5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Wissenschaftliches Arbeiten in den Ingenieur- und Naturwissenschaften (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Norman Franchi Christian Tobias Veihelmann	

4	Modulverantwortliche/r	Dr. Jens Kirchner	
5	Inhalt	<p>Die Lehrveranstaltung wendet sich an Studierende der Ingenieur- und Naturwissenschaften, die kurz vor Beginn einer Abschlussarbeit stehen, das erste Mal ein Seminar belegen und/oder eine erste Publikation erstellen wollen. Die Veranstaltung führt in die grundlegenden Techniken wissenschaftlichen Arbeitens und Publizierens ein.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Allgemeine Vorarbeiten • Einführung ins Projektmanagement • Wissenschaftliche Methodik • Recherche und Zitation wissenschaftlicher Quellen • Organisation von Informationen • Aufbereiten von Informationen • Wissenschaftliches Publizieren • Gliedern: Roter Faden und Balance • Wissenschaftlicher Stil • Einführung in LaTeX • Literaturverwaltung mit BibTeX & Co. • Erstellen und Halten von Präsentationen 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden sind mit den Grundlagen des wissenschaftlichen Erkenntnisgewinns vertraut. • Die Studierenden können für einfache Projekte wie eine Abschlussarbeit eine Aufgaben- und Zeitplanung erstellen. • Die Studierenden können für ein vorgegebenes Thema in fachspezifischen Literaturdatenbanken geeignete Veröffentlichungen recherchieren. • Die Studierenden können wissenschaftliche Daten als Tabelle oder Diagramm darstellen sowie Qualitätskriterien nennen und prüfen. • Die Studierenden kennen die typische Struktur wissenschaftlicher Artikel, Abschlussarbeiten und Präsentationen und können die Inhalte der entsprechenden Abschnitte beschreiben. • Die Studierenden können Unterschiede zwischen wissenschaftlichen und nicht-wissenschaftlichen Texten erläutern und identifizieren. • Die Studierenden können Texte hinsichtlich Struktur, wissenschaftlichem Stil und Redundanzen analysieren und korrigieren. • Die Studierenden kennen den Begutachtungsprozess bei wissenschaftlichen Publikationen. 	

		<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden können mit Hilfe von LaTeX ein Dokument erstellen und strukturieren sowie Daten in Tabellen- und Diagrammform darstellen. • Die Studierenden können eine Literaturdatenbank im BibTeX-Format erstellen und Quellen in einem Dokument referenzieren.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 5
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlmodul aus dem Angebot der technischen und naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Life Science Engineering 20192
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)
12	Turnus des Angebots	in jedem Semester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 45 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	Deutsch
16	Literaturhinweise	

1	Modulbezeichnung 96064	Wissenschaftliches Arbeiten in den Ingenieur- und Naturwissenschaften	5 ECTS
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Wissenschaftliches Arbeiten in den Ingenieur- und Naturwissenschaften (2 SWS) Übung: Übungen zu Wissenschaftliches Arbeiten in den Ingenieur- und Naturwissenschaften (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lehrende	Christian Tobias Veihelmann Prof. Dr.-Ing. Norman Franchi	

4	Modulverantwortliche/r	Prof. Dr.-Ing. Norman Franchi	
5	Inhalt	<p>Die Lehrveranstaltung wendet sich an Studierende der Ingenieur- und Naturwissenschaften, die kurz vor Beginn einer Abschlussarbeit stehen, das erste Mal ein Seminar belegen und/oder eine erste Publikation erstellen wollen. Die Veranstaltung führt in die grundlegenden Techniken wissenschaftlichen Arbeitens und Publizierens ein.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Allgemeine Vorarbeiten • Einführung ins Projektmanagement • Wissenschaftliche Methodik • Recherche und Zitation wissenschaftlicher Quellen • Organisation von Informationen • Aufbereiten von Informationen • Wissenschaftliches Publizieren • Gliedern: Roter Faden und Balance • Wissenschaftlicher Stil • Einführung in LaTeX • Literaturverwaltung mit BibTeX & Co. • Erstellen und Halten von Präsentationen 	
6	Lernziele und Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden sind mit den Grundlagen des wissenschaftlichen Erkenntnisgewinns vertraut. • Die Studierenden können für einfache Projekte wie eine Abschlussarbeit eine Aufgaben- und Zeitplanung erstellen. • Die Studierenden können für ein vorgegebenes Thema in fachspezifischen Literaturdatenbanken geeignete Veröffentlichungen recherchieren. • Die Studierenden können wissenschaftliche Daten als Tabelle oder Diagramm darstellen sowie Qualitätskriterien nennen und prüfen. • Die Studierenden kennen die typische Struktur wissenschaftlicher Artikel, Abschlussarbeiten und Präsentationen und können die Inhalte der entsprechenden Abschnitte beschreiben. • Die Studierenden können Unterschiede zwischen wissenschaftlichen und nicht-wissenschaftlichen Texten erläutern und identifizieren. • Die Studierenden können Texte hinsichtlich Struktur, wissenschaftlichem Stil und Redundanzen analysieren und korrigieren. 	

		<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden kennen den Begutachtungsprozess bei wissenschaftlichen Publikationen. • Die Studierenden können mit Hilfe von LaTeX ein Dokument erstellen und strukturieren sowie Daten in Tabellen- und Diagrammform darstellen. • Die Studierenden können eine Literaturdatenbank im BibTeX-Format erstellen und Quellen in einem Dokument referenzieren.
7	Voraussetzungen für die Teilnahme	Keine
8	Einpassung in Studienverlaufsplan	Semester: 5
9	Verwendbarkeit des Moduls	Wahlmodul aus dem Angebot der technischen und naturwissenschaftlichen Fakultät Master of Science Life Science Engineering 20192
10	Studien- und Prüfungsleistungen	Klausur (60 Minuten)
11	Berechnung der Modulnote	Klausur (100%)
12	Turnus des Angebots	in jedem Semester
13	Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 45 h
14	Dauer des Moduls	1 Semester
15	Unterrichts- und Prüfungssprache	
16	Literaturhinweise	