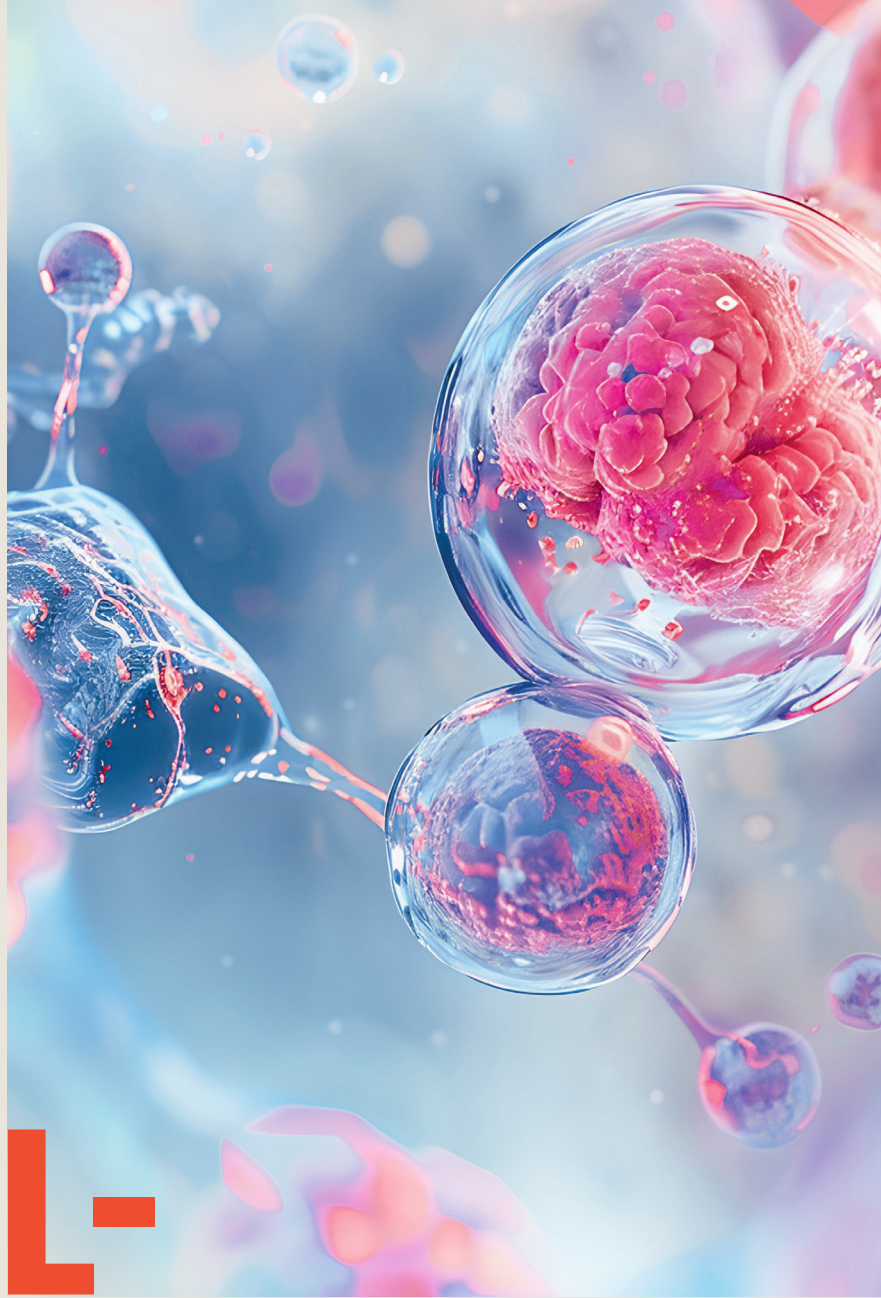




MODUL- HANDBUCH

Studiengang (Bachelor)
Medizinische Biotechnologie

**Hochschule
Biberach.
Biotech**

Stand: 29.07.2026. Für die Richtigkeit der im Modulhandbuch aufgeführten SWS und LP wird keine Gewähr übernommen. Verbindlich ist die Studienprüfungsordnung.

Inhaltsverzeichnis

MODULE IM 1. STUDIENABSCHNITT (1. - 2. SEMESTER)..... 3

MODUL BIostatistik.....	3
MODUL BIOTECHNOLOGIE UND ZELLBIOLOGIE	4
MODUL GRUNDLAGEN DER CHEMIE	7
MODUL MIKROBIOLOGIE.....	10
MODUL GRUNDLAGEN DER VERFAHRENSTECHNIK	13
MODUL PHYSIK.....	15
MODUL MOLEKULARBIOLOGIE.....	17
MODUL BIOCHEMIE	19

MODULE IM 2. STUDIENABSCHNITT (3. - 5. SEMESTER)..... 22

MODUL MOLEKULARE MEDIZIN.....	22
MODUL PHYSIOLOGIE UND PATHOPHYSIOLOGIE.....	24
MODUL GENTECHNIK	27
MODUL TECHNISCHE MIKROBIOLOGIE.....	28
MODUL EINFÜHRUNG DATA SCIENCE	31
MODUL IMMUNBIOLOGIE.....	32
MODUL ZELLKULTURTECHNIK	34
MODUL METABOLIC ENGINEERING	36
MODUL PHARMAZEUTISCHE GRUNDLAGEN	39
MODUL INDUSTRIELLE PROZESSE UND ANALYTIK.....	41
MODUL GENTHERAPIE	43
MODUL ZELLTHERAPIE	45
MODUL UPSTREAM PROCESSING AND ENGINEERING.....	48
MODUL DOWNSTREAM PROCESSING	50
MODUL BIOMETRIE UND DRUG DELIVERY	52

MODULE IM 3. STUDIENABSCHNITT (6. - 7. SEMESTER)..... 55

MODUL QUALITÄTSMANAGEMENT UND RECHTSGRUNDLAGEN	57
MODUL WAHLPFLICHTFÄCHER.....	60
MODUL BACHELOR-ARBEIT.....	61

ANHANG 63

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	63
----------------------------	----

Anmerkung: 1 LP entspricht 30 h Arbeitsaufwand

Module im 1. Studienabschnitt (1. - 2. Semester)

Modul Biostatistik	
Code	(noch nicht bereitgestellt)
Leistungspunkte nach ECTS	6
Präsenzzeit (SWS)	4
Unterrichtssprache	Deutsch
Dauer	1 Semester
Turnus	Jedes Semester
ModulkoordinatorIn	Prof. Dr. B. Burghardt
DozentInnen	Prof. Dr. B. Burghardt, A. Stöcken
Einordnung in die Studiengänge	Medizinische Biotechnologie BSc, Pharmazeutische Biotechnologie BSc, Pflichtmodul, 1. Fachsemester
Vorkenntnisse	-
Lernergebnisse	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, Vorlesung Grundlagen der Biostatistik und Übung Biostatistik • kennen Grundlagen der Statistik soweit sie zur Auswertung von experimentellen Daten im Studiengang erforderlich sind, • können mit Hilfe statistischer Software Versuchsauswertungen durchführen und wenden die erworbenen Kenntnisse semesterbegleitend auf Versuche anderer Praktika an.
Inhalt	In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt: Vorlesung Grundlagen der Biostatistik Der Lehrinhalt gliedert sich in folgende Themengebiete, die mit Übungsaufgaben und -beispielen vertieft werden: • Grundlagen der Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung • Beschreibende Statistik, Darstellung von Daten • Auswertung von Messdaten mittels Statistiksoftware • Hypothesen-Tests (u. a. t-Test, Binomialtest) • Lineare Regression • Mathematische Ergänzungen: • Grundbegriffe: Mengen und Mengenoperationen, Summen- und Produktzeichen, Funktionen, Polynome und Exponentialfunktionen • Folgen • vollständige Induktion • Differentialrechnung: Differenzierbarkeit, Ableitungsregeln • Integralrechnung: bestimmtes Integral nach Riemann, Integrationsregeln Übung Biostatistik Der Lehrinhalt orientiert sich an den Themen der Vorlesung, die mit Übungsaufgaben und -beispielen vertieft werden. Mit Hilfe statistischer Software wie z.B. R, Python oder Ähnliche

	wenden die Studierenden die erworbenen Kenntnisse an.
Literatur	Vorlesung und Übung Biostatistik • Rudolf, Kuhlisch; Biostatistik, Pearson Studium, 2008 • Ross, S. M.: Statistik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Spektrum Verlag, 2006 • Rießinger, T., Mathematik für Ingenieure, Springer Vieweg, 2017 • Rießinger, T., Übungsaufgaben zur Mathematik für Ingenieure, Springer Vieweg, 2017
Lehr- und Lernformen	• Grundlagen der Biostatistik (V), 2 SWS, 3 LP • Biostatistik (Ü), 2 SWS, 3 LP
Arbeitsaufwand	Vorlesung Grundlagen der Biostatistik Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h Übung Biostatistik Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h
Prüfungsform und Bewertung	Die Prüfungsleistung ist eine Klausur (60 Minuten) über das gesamte Modul.
Notenbildung	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.

Modul Biotechnologie und Zellbiologie	
Code	(noch nicht bereitgestellt)
Leistungspunkte nach ECTS	6
Präsenzzeit (SWS)	4
Unterrichtssprache	Deutsch
Dauer	1 Semester
Turnus	Jedes Semester
ModulkoordinatorIn	Prof. Dr. A. Ghanem
DozentInnen	Prof. Dr. F. Hesse, Prof. Dr. A. Ghanem, MSc J. Wieland (LB)
Einordnung in die Studiengänge	Medizinische Biotechnologie BSc, Pharmazeutische Biotechnologie BSc, Pflichtmodul, 1. Fachsemester
Vorkenntnisse	keine fachlichen Vorkenntnisse erforderlich
Lernergebnisse	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, Vorlesung Einführung in die pharmazeutische Biotechnologie • kennen die Begriffe und Grundlagen der modernen Biotechnologie (Expressionsorganismen, genetische Modifikation, Grundlagen der Bioverfahrenstechnik. • verstehen den Anwendungsbezug der pharmazeutischen Biotechnologie und sind mit Problemen und Fragestellungen der biotechnologischen Forschung vertraut (z.Bsp. Gentherapie, Stammzellforschung, Krebsforschung, Immunologie) • kennen Beispiele moderner biopharmazeutischer

	Herstellungsprozesse (Antikörper, Zelltherapeutika, CAR-T-Zellen, Impfstoffe) Seminar Einführung in die GMP/GLP • kennen Begriffe und Grundlagen sowie Auslöser der pharmazeutischen Qualitätssicherung (Definitionen, Qualitätsmängel, Arzneimittelskandale [Contergan]. • kennen die Entwicklungsgeschichte von GMP und GLP. • kennen Grundlagen der Arzneimittelentwicklung (klinische Phasen, Untersuchungen (Kanzergenität, etc.). • kennen die grundsätzlichen Inhalte verschiedener pharmazeutischer Regelwerke, wie AMG, EU-GMP-Leitfaden, Europäisches Arzneibuch (Ph. Eur.), AMWHV, PICs und ICH. • kennen die Grundlagen der pharmazeutischen Qualifizierung und Validierung. • kennen die grundlegenden pharmazeutischen Begriffe wie Kalibrierung, Justierung, Risikobewertung, etc. • kennen Anforderungen, die an moderne biopharmazeutische Herstellungsprozesse gestellt werden (wie Spezifikationen, Qualitätskontrolltestungen, Reinraum-anforderungen, etc.). • kennen die grundsätzlichen Anforderungen an die Reinraumtechnik bzgl. Partikelzahlen und Luftkeimen. Vorlesung Zellbiologie • verstehen Aufbau und Funktion eukaryotischer Zellen, sowie die Rolle zentraler Zellkompartimente und Membransysteme • können zentrale Prozesse der Zellbiologie (z.B. Proteintransport, Signaltransduktion, Zellzyklus) erklären und in einen physiologischen bzw. pathophysiologischen Kontext einordnen.
Inhalt	In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt: Vorlesung Einführung in die pharmazeutische Biotechnologie • Historische, ökologische und ökonomische Aspekte der Pharmazeutischen Biotechnologie • Biopharmazeutische Produktion (Expressionsorganismen, Upstream- und Downstream Processing (USP / DSP), Master- und Working Cell Bank System (MCB / WCB) • Grundlagen der Bioverfahrenstechnik: Fermentation, Prozessparameter, Analytik und Reaktionsführung (batch, fed-batch, perfusion) • Beispiele für moderne biopharmazeutische Produkte: Antikörper, Impfstoffe, Tissue-Engineering, ATMPs (CAR-T-Zellen, onkolytische Viren, Gentherapeutika) sowie zugrundeliegende Erkrankungen. Vorlesung Einführung in die GMP/GLP • Was bedeutet Qualität / Qualitätsmängel in pharmazeutischen Herstellungsprozessen? • Folgen schwerer Qualitätsmängel in der pharmazeutischen Herstellung • Phasen der Arzneimittelentwicklung

	• Qualitätsmanagement und Qualitätssicherung • Qualifizierung und Validierung • Grundsätzliche Inhalte der pharmazeutischen Regelwerke wie AMG, EU-GMP-Leitfaden, Europäisches Arzneibuch (Ph. Eur.), AMWHV, PICs und ICH • Arbeitsanweisungen, Standard Operating Procedure (SOP), Herstellungsanweisungen, Site-Masterfile • Zuständigkeiten der Behörden in Bund und Land für die pharmazeutische Herstellung • Aufbau einer Reinraumanlage mit Reinraumzonen, Schleusen und ihre Funktionen im Herstellungsprozess • Klassifizierung von Reinraumzonen (Zonierung) auf der Basis von Partikelzahlen • Seminararbeiten zu Artikeln aus der Fachzeitschrift PharmInd und aus Regelwerken und Gesetzbüchern wie dem EG-Leitfaden der Guten Herstellungspraxis, dem AMG, Pharmabetriebsverordnung, Pharmaceutical Inspection Cooperation Scheme (PIC/S), Pharmacopeia, etc. Vorlesung Zellbiologie • Einführung in die Zellbiologie: Zelltypen, Pro- und Eukaryonten und grundlegende Einordnung • Bausteine der Zelle: Makromoleküle, Zellorganellen und deren Funktionen • Biomembranen und Transportprozesse (aktiv, passiv, vesikulär) • Proteinbiosynthese, Proteinsortierung (Überblick): Signalsequenzen, sekretorischer Weg, Endo- und Exocytose • Intrazellulärer Transport (Überblick): ER, Golgi-Apparat, Lysosomen und Kompartiment-spezifischer Proteintransport, • Signaltransduktion: grundlegende Signalwege, G-Protein-gekoppelte Rezeptoren und Rezeptor-Tyrosinkinasen, Zytoskelett und Zellkontakte: Aktin, Mikrotubuli, Zell-Zell-Verbindungen und extrazelluläre Matrix • Zellkommunikation • Zellzyklus und Zellzykluskontrolle: Checkpoints und zyklisch kontrollierte Proteinkinasen, Krebs.
Literatur	Vorlesung Einführung in die pharmazeutische Biotechnologie • Taschenatlas der Biotechnologie und Gentechnik, Rolf D. Schmid, 3. Auflage 2016 • Biotechnologie für Einsteiger, Reinhard Renneberg, 2. Auflage, 2007, ISBN-13: 978-3-8274-1847-0 • Biotechnologie, W. J. Thieman, M. A. Palladino, 1. Auflage, 2007, ISBN 9783827372369 Vorlesung Einführung in die GMP/GLP • GLP-Handbuch für Praktiker, G. A. Christ, S. J. Harston, H.-W., Hembeck, K.-A. Opfer, 2. überarbeit. Aufl., ISBN 3-928865-25-0 • EG-Leitfaden der Guten Herstellungs-Praxis für Arzneimittel und Wirkstoffe, Link: Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz (18.07.2016)): Gesetz über den Verkehr mit Arzneimitteln: AMG. Online: https://www.gesetze-im-internet.de/amg_1976/AMG.pdf, zuletzt geprüft am 11.08.2017

	- GMP-Berater, Nachschlagewerk für Pharmaindustrie und Lieferanten, Maas & Peither, GMP Verlag. Vorlesung Zellbiologie - Molecular Biology of the Cell, Alberts et al., 7. Auflage - Molecular Cell Biology, Lodish et al., 9. Auflage - Beckers's World of the Cell, Hardin et al, 10. Auflage
Lehr- und Lernformen	- Einführung in die pharmazeutische Biotechnologie (V), 1 SWS, 1 LP - Einführung in die GMP/GLP (V), 1 SWS, 2 LP - Zellbiologie (V), 2 SWS, 3 LP
Arbeitsaufwand	Vorlesung Einführung in die pharmazeutische Biotechnologie Präsenzzeit: 11,25 h Selbststudium: 18,75 h Vorlesung Einführung in die GMP/GLP Präsenzzeit: 11,25 h Selbststudium: 48,75 h Vorlesung Zellbiologie Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h
Prüfungsform und Bewertung	Die Prüfungsleistung besteht aus einer Klausur (90 Minuten) über die Inhalte aus den Lehrveranstaltungen "Einführung in die pharmazeutische Biotechnologie", "Einführung in die GMP/GLP" und „Zellbiologie“.
Notenbildung	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.

Modul Grundlagen der Chemie	
Code	(noch nicht bereitgestellt)
Leistungspunkte nach ECTS	9
Präsenzzeit (SWS)	6
Unterrichtssprache	Deutsch
Dauer	1 Semester
Turnus	Jedes Semester
ModulkoordinatorIn	Prof. Dr. C. Schips
DozentInnen	Prof. Dr. C. Schips
Einordnung in die Studiengänge	Medizinische Biotechnologie BSc, Pharmazeutische Biotechnologie BSc, Pflichtmodul, 1. Fachsemester
Vorkenntnisse	Vorlesung und Übungen Allgemeine und Analytische Chemie Empfehlung: Teilnahme am Vorkurs Chemie und Grundlagen aus dem Chemieunterricht in der Sekundarstufe II bzw. der Fachhochschulreife. Praktikum Allgemeine und Analytische Chemie Zwingend: Vorpraktikum „Einführung in die Laborpraxis“

	Vorlesung und Übungen Organische Chemie I Empfehlung: Grundlagen aus dem Chemieunterricht in der Sekundarstufe II bzw der Fachhochschulreife.
Lernergebnisse	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, • besitzen Grundkenntnisse der allgemeinen und analytischen Chemie • sind in der Lage Rohdaten von Laborversuchen entsprechend den Qualitätsstandards des Studiengangs PBT/MBT zu bewerten und Versuchsprotokolle zu erstellen. • sind mit einfachen Routinearbeitsverfahren im chemisch-analytischen Bereich, vertraut. • besitzen erste Erfahrungen in der Durchführung von Analysemethoden nach Ph. Eur. und in der analytischen Chemie. • besitzen Grundkenntnisse im „chemischen Rechnen“ in Bezug zur Stöchiometrie chemischer Reaktionen. • beherrschen den korrekten Umgang mit Volumenmessgeräten (insbes. Pipetten) und Feinwaagen. • sind in der Lage Maßlösungen und Verdünnungsreihen zu berechnen und herzustellen. • kennen die Grundlagen organischer Reaktion und die wichtigsten Reaktionstypen, die Zuordnung von Funktionelle Gruppen und die Einordnung zu den wichtigsten bioorganischen Molekülen. • sind mit der Einordnung in Stoffklassen, der Schreibweise und Benennung organischer Moleküle vertraut. • kennen die Bedeutung der Isomerie, vor allem der Chiralität und ihre Auswirkung bei Rezeptor-Ligand Wechselwirkungen. • besitzen Grundkenntnisse in den Bereichen der UV-Vis Spektroskopie und Chromatographie. • sind in der Lage, selbständig chemisch-analytische Routinearbeiten durchzuführen, diese zu bewerten und korrekt zu protokollieren. • besitzen Kenntnisse in den Bereichen der analytischen und präparativen Chromatographie (mit dem Schwerpunkt LC und der UV-Vis Spektroskopie). • haben praktische Kenntnisse in den Bereichen Anreicherung/Reinigung organischer Stoffe (Trennmethoden und deren physikalischen Trennprinzip). • besitzen die Fähigkeit zur selbständigen Literaturrecherche im Bereich der chemischen Analytik. • sind in der Lage, Rohdaten korrekt zu erfassen und eine Auswertung der Messergebnisse vorzunehmen. • besitzen Kenntnisse im Bereich der Reaktionskinetik und können die Energetik chemischer Reaktionen beschreiben
Inhalt	In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt: Vorlesung und Übungen Allgemeine und analytische Chemie • Aufbau der Materie, Oktettregel, Lewis-Formeln, 8-N Regel, Elektronenpaarbindung, Orbitale. • Bedeutung von zwischenmolekularen Wechselwirkungen

(Vander Waals- und Dipol-Dipol-Wechselwirkung, Wasserstoffbrückenbindungen).

- Chemisches Gleichgewicht, Massenwirkungsgesetz, Lage und Verschiebung von Gleichgewichtsreaktionen.
- Säuren und Basen, pH-Wert, pKs-Wert, Neutralisationsreaktionen, Titration (u. a. gemäß Ph. Eur.), Säure-Base-Puffer.
- Redoxreaktionen, aufstellen von Oxidations- und Reduktionsteilgleichung, Bildung von Ionen und Ionenverbindungen, Bedeutung von Elektronenübertragung in biologischen Redoxsystemen.
- koordinative Bindung, Chelatkomplexe, Komplexe in der chemischen Analytik (EDTA, Biuret, Bradford), Bedeutung in biologischen Systemen und der Proteinanalytik.
- Energetik (Enthalpie und freie Reaktionsenthalpie) und Kinetik chemischer Reaktionen (Reaktionsbeschleunigung, Aktivierungsenthalpie), Katalyse und Reaktionsbeschleunigung, Biokatalyse in biologischen Systemen.
- Kurze Übersicht zu Spektroskopischen Analyseverfahren, insbesondere UV-Vis Sepktroskopie, Transmission, Absortion und Bouguer-Lambert-Beersches Gesetz, Anwendung in der Proteinanalytik Biuret und Bradford.
- Übersicht zu den Trennmethoden in der Chromatographie (Verteilungs-, Ionen-, Affinitäts-, Größenausschlußchromatographie).
- Verteilungschromatographie am Beispiel der Dünnschichtchromatographie, Elutrophe Reihe und Polarität der Mobilen Phase, Auswahl der Stationären Phase, Detektion des Analyten, Flüssigkeitschromatographie, Ausblick HPLC als instrumentelle Analysenmethode.

Praktikum Allgemeine und analytische Chemie

- Mengen, Gehalts- und Konzentrationsangaben (Herstellung von Maßlösungen und Verdünnungsreihen)
- Säure-Base-Titrationen
- Säure-Base-Puffersysteme
- Analyseverfahren nach dem Europäischen Arzneibuch (Ionennachweise, Endotoxinbestimmung mittels LAL, Kohlenhydrate)
- Methoden der Isolierung und Aufreinigung
- Refraktometrie
- Redoxtitration, Fällungstitration, Komplexometrie
- UV/Vis-Spektroskopie (u. a. Nachweis pharmazeutischer Wirkstoffe; Kinetik enzymatischer Reaktionen)
- colorimetrische Methoden zur quantitativen Proteinbestimmung
- Dünnschichtchromatographie von pharmazeutischen Wirkstoffen und Aminosäuren
- Ionenchromatographie und Größenausschlusschromatographie
- Derivatisierung und Analytik von Naturstoffen
- Individuelle Abschlussanalyse (inkl. selbständiger Literaturrecherche durch die Studierenden)

Vorlesung und Übungen Organische Chemie

	- Einteilung der organischen Chemie in Stoffklassen und Funktionelle Gruppen, Nomenklatur organischer Verbindungen (IUPAC, Trivialnamen). - Molekülstrukturen: Kovalente Bindungen (Struktur von Organischen Molekülen, Hybrid- und Molekülorbitale, Einfach- und Mehrfachbindungen, Resonanzstrukturen und Mesomerie, Aromaten) - Isomerie, Konstitutions-, Konfigurations- und Konstitutionsisomere, Stereochemie, E/Z-Isomere, R/S-Isomere, Chiralität, D/L und R/S Nomenklatur, Konformationsisomere am Beispiel von Kohlenhydraten. - Wichtige Grundtypen organischer Reaktionen: Addition, Substitution, Umlagerung und Eliminierung. Reaktionsmechanismen am Beispiel der Nukleophilen Substitutionsreaktion. - Übersicht zu wichtigen Naturstoffklassen: Aminosäuren und Proteine, Kohlenhydrate und Polysaccharide, Fettsäuren und Fette, Nukleobasen und DNA/RNA, Amine und Alkaloide, Terpene und Vitamine; mit Querbezügen zu Stoffwechselreaktionen.
Literatur	- Hübschmann, Einführung in das chemische Rechnen - Mortimer, Das Basiswissen der Chemie, Thieme Verlag - Atkins, Chemie einfach alles, VCH - Ehlers, Analytik I und II, Deutscher Apotheker Verlag - Pharm. Eur. - Hart, organische Chemie, WILEY-VCH - Mc Murry, Organische Chemie der biologischen Stoffwechselwege; Spektrum Akademischer Verlag
Lehr- und Lernformen	- Allgemeine und Analytische Chemie (V+Ü), 2 SWS, 3 LP - Allgemeine und Analytische Chemie (P), 2 SWS, 3 LP - Organische Chemie I (V+Ü), 2 SWS, 3 LP
Arbeitsaufwand	Vorlesung und Übungen Allgemeine und analytische Chemie Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h Praktikum Allgemeine und analytische Chemie Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h Vorlesung und Übungen Organische Chemie Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h
	Die Prüfungsleistung ist eine Klausur (90 Minuten) über das gesamte Modul. Zu dieser schriftlichen Prüfung werden nur Studierende zugelassen, die das Vorpraktikum Einführung in die Laborpraxis und die die Prüfungsvorleistung des „Praktikum Allgemeine und Analytische Chemie“ (SA) erfolgreich absolviert haben.
Notenbildung	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.

Code	(noch nicht bereitgestellt)
Leistungspunkte nach ECTS	9
Präsenzzeit (SWS)	6
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch
Dauer	1 Semester
Turnus	Jedes Semester
ModulkoordinatorIn	Prof. Dr. S. Gaisser
DozentInnen	Prof. Dr. S. Gaisser
Einordnung in die Studiengänge	Medizinische Biotechnologie BSc, Pharmazeutische Biotechnologie BSc, Pflichtmodul, 1. Fachsemester
Vorkenntnisse	Empfehlung: Schulkenntnisse Englisch, Grundkenntnisse in Organischer Chemie
Lernergebnisse	Im Rahmen des Moduls Mikrobiologie erlernen die Studierenden umfassende Handlungskompetenzen: • Den Teilnehmern des Moduls werden weitreichende Fachkenntnisse im Bereich der Mikrobiologie sowie eine fundierte Methodenkompetenz durch die Anwendung grundlegender Standardmethoden des mikrobiologischen Arbeitens vermittelt. • Herstellung von Nährmedien und Kultivierung von Mikroorganismen • Methoden zur morphologischen Untersuchung und Identifizierung von Mikroorganismen • Aufbau und Bestandteile von Bakterienzellen: Morphologische, mikroskopische und physiologische Eigenschaften, Struktur prokaryontischer Zellen: Zellhülle, Zellwand, Zellmembran, Cytoplasma, Einschlusskörper • Die Studierenden kennen die wesentlichen Charakteristika wichtiger Mikroorganismengruppen und beherrschen grundlegende Konzepte der Taxonomie, Bakteriengenetik sowie Aspekte der mikrobiellen Ökologie und Virologie. • Die Studierenden besitzen grundlegende theoretische und praktische Kenntnisse über Struktur, Funktion und Anwendung mikrobieller Zellen, können aseptische Arbeitsweisen und grundlegende mikrobiologische Arbeitstechniken anwenden, kennen die vielfältigen Formen und Eigenschaften der Prokaryonten und besitzen Kenntnisse der Struktur und Funktion bakterieller Zellen sowie deren Bedeutung für Biotechnologie und als Krankheitserreger. • Wesentliche Aspekte der erlangten Schlüsselkompetenzen umfassen soziale Handlungskompetenzen, vermittelt beispielsweise durch Teamarbeiten zur Erstellung eines Gruppenprotokolls, sowie Selbstkompetenz durch die eigenständige Bearbeitung englischsprachiger Skripte, Versuchsanleitungen und wissenschaftlicher Texte. Die Studierenden erlangen weitreichende Kenntnisse der fachspezifischen Terminologie auf Deutsch und Englisch.

	• Das breite Spektrum der erarbeiteten Kompetenzen ist für das zukünftige Arbeiten in internationaler, industrieller Arbeitsumgebung essenziell.
Inhalt	In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt: Vorlesung Mikrobiologie • Einleitung in die Mikrobiologie, historischer Überblick, Bedeutung der Mikrobiologie: Krankheitserreger, Lebensmittelindustrie, Ökologie, Biomining, Biotechnologie • Phylogenetischer Stammbaum/16SrRNA, evolutionäre Aspekte: Mikrofossilien, Stromatolite, Prokaryont- Eukaryont • Prokaryontische Zelle: Größe, Membran und Transport • Aufbau Peptidoglycan, Gram-Färbung, Teichonsäuren, Archaea, Zellwand als Target: Lysozym, Penicillin • Gram-negativ: äußere Membran, Struktur und Bedeutung der Lipopolysaccharide, Porine, Periplasma, Kapseln und Schleime, Pili und Flagellen, Beweglichkeit • Zelleinschlüsse: Gasvesikel, Endosporen, Carboxysomen, Magnetosomen, inclusion bodies, Reservestoffe, <i>Bacillus thuringiensis</i> Proteinkristalle • Zellwachstum: Zweiteilung, Divisom, Cytoskelett, Zellteilung und Peptidoglycanbiosynthese, Wachstumskinetik • Vielfalt der Mikroorganismen: Gram-negative Bakterien: Pseudomonaden, Essigsäurebakterien, Enterobakterien, <i>Proteus</i>, <i>Helicobacter</i>. Myxobakterien • Vielfalt der Mikroorganismen: Gram-positive Bakterien: <i>Staphylococcus</i>, Milchsäurebakterien, Endosporenbildner, Streptomyceten. Cyanobakterien, Spirochäten • Virus-Aufbau, Vermehrung, CRISPR-Cas, SARS • Bakterielle Genetik: Genom, Nucleoid, Chromosom, Plasmide, Klonierung, Transformation, Transduktion, Konjugation • Bakterien und Umwelt: Lebensräume, Extremophile, Halophile, Nutzen in der Biotechnologie • Fermentation, Alkohol, Laktat Praktikum Mikrobiologie • Einführung in das Arbeiten in einem mikrobiologischen Labor, Bereitung von Nährmedien, sterile Arbeitstechniken, Autoklav • Anreicherung von Luftkeimen, Kontaminationsrisiken, Desinfektion, Sterilisation, Membranfiltermethode • Mischkulturen - Reinkulturen - Stammkulturen, Ausstrichetechniken, Verdünnungsreihe • Morphologische Untersuchung von Mikroorganismen, Aufbau und Benutzung eines Mikroskops • Wirkungsweise von Antibiotika, Agardiffusionstest • Erlernen von Arbeitstechniken im Umgang mit anaeroben Mikroorganismen am Beispiel <i>Clostridium pasteurianum</i>, Endosporenbildner • 16S rRNA-Gen-Analyse • Erlernen wichtiger Färbemethoden und Schnelltests zur Differenzierung von Bakterien: Gram-Färbung, Kapseldarstellung mit Tusche, KOH-Schnelltest • Mikrobieller Stärkeabbau

	Durch das Erstellen eines Gruppenprotokolls und die Bearbeitung von Arbeitsblättern erlangen die Studierenden Sozialkompetenzen sowie Erfahrung in der Analyse wissenschaftlicher Texte, Datengewinnung und Auswertung.
Literatur	Vorlesung Mikrobiologie - Vorlesungsskript - Fuchs, G <i>et al</i>: Allgemeine Mikrobiologie, ISBN 9783132434776 - Brock: Biology of Microorganisms, ISBN 978-1-292-40479-0 Praktikum Mikrobiologie - Skripte zum Praktikum - Fuchs, G <i>et al</i>: Allgemeine Mikrobiologie, ISBN 9783132434776 - Brock: Biology of Microorganisms, ISBN 978-1-292-40479-0 - Steinbüchel-Oppermann-Sanio: Mikrobiologisches Praktikum (Springer Lehrbuch), 978-3-662-63234-5
Lehr- und Lernformen	- Mikrobiologie (V), 2 SWS, 3 LP - Mikrobiologie (P), 4 SWS, 6 LP
Arbeitsaufwand	Vorlesung Mikrobiologie Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h Mikrobiologisches Praktikum Präsenzzeit: 45 h Selbststudium: 135 h
Prüfungsform und Bewertung	Die Prüfungsleistung ist eine Klausur (60 Minuten) über das gesamte Modul. Zu dieser schriftlichen Prüfung werden nur Studierende zugelassen, die die Prüfungsvorleistung „Mikrobiologisches Praktikum“ (sA, Protokoll) erfolgreich bestanden haben.
Notenbildung	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.

Modul Grundlagen der Verfahrenstechnik	
Code	(noch nicht bereitgestellt)
Leistungspunkte nach ECTS	6
Präsenzzeit (SWS)	4
Unterrichtssprache	Deutsch
Dauer	1 Semester
Turnus	Jedes Semester
ModulkoordinatorIn	Prof. Dr. H. Frühwirth
DozentInnen	Prof. Dr. A. Schafmeister, Prof. Dr. techn. H. Frühwirth, Dr. C. Wetzel (LB), C. Klimt (LB)
Einordnung in die Studiengänge	Medizinische Biotechnologie BSc, Pharmazeutische Biotechnologie BSc, Pflichtmodul, 2. Fachsemester

Vorkenntnisse	Vorlesung und Übung Einführung in die Verfahrenstechnik • Keine Vorlesung und Übung Transportphänomene • Biostatistik“ (mathematische und physikalische Grundkenntnisse, insbesondere Infinitesimalrechnung, gewöhnliche Differentialgleichungen)
Lernergebnisse	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, Vorlesung und Übung Einführung in die Verfahrenstechnik • verstehen den Aufbau und die Funktionsweise verfahrenstechnischer Prozesse • kennen die Arbeitsgebiete und Anwendungen der Verfahrenstechnik. • können einfache Verfahrensfliessbilder erstellen • sowie grundlegende Stoff- und Energiebilanzen für prozessrelevante Aufgaben lösen. • erwerben ein Verständnis für die Rolle der Verfahrenstechnik in biotechnologischen Produktionsprozessen. Vorlesung und Übung Transportphänomene • verstehen die physikalischen Grundlagen von Transportprozessen • können Transportvorgänge in verfahrenstechnischen und biotechnologischen Apparaten beschreiben, analysieren und berechnen • sind in der Lage, Wärme-, Stoff- und Impulstransporte für die Auslegung und Bewertung technischer Prozesse zu berücksichtigen • kennen technische Anwendungen wie Behälterströmung, Pumpen und Rohrströmung. • sind in der Lage, Grundkonzepte der Strömungslehre und in der Wärme- und Stoffübertragung in technischen Fragestellungen anzuwenden.
Inhalt	In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt: Vorlesung und Übung Einführung in die Verfahrenstechnik • Einführung in die Verfahrenstechnik als Ingenieurwissenschaft von Stoffumwandlungsprozessen • Grundoperationen (Unit Operations) • Verfahrensfliessbilder • Stoff- und Energiebilanzen • Einführung in die Material- und Werkstoffwissenschaften • Mischen und Rühren • Begleitende Übungen Vorlesung und Übung Transportphänomene • Grundlagen der Transportvorgänge von Impuls, Wärme und Stoffen in fluiden Systemen • Strömungsmechanik • Wärmeübertragung

	• Stofftransport • Begleitende Übungen
Literatur	Vorlesung Einführung in die Verfahrenstechnik • eigenes Skript • Schnitzer, Martin, Grundlagen der Stoff- und Energiebilanzierung, Springer • Hemming, Wagner, Verfahrenstechnik, Kamprath Vorlesung Transportphänomene • Baer, Stefan, Wärme- und Stoffübertragung, Springer, 2013 • Vauck, Müller, Grundoperationen chemischer Verfahrenstechnik, Wiley
Lehr- und Lernformen	• Einführung in die Verfahrenstechnik (V+Ü), 2 SWS, 3 LP • Transportphänomene (V+Ü), 2 SWS, 3 LP
Arbeitsaufwand	Vorlesung und Übung Einführung in die Verfahrenstechnik Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h Vorlesung und Übung Transportphänomene Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h
Prüfungsform und Bewertung	Die Prüfungsleistung ist eine Klausur (60 Minuten) über das gesamte Modul. Eine Prüfungsvorleistung findet in diesem Modul nicht statt.
Notenbildung	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.

Modul Physik	
Code	(noch nicht bereitgestellt)
Leistungspunkte nach ECTS	6
Präsenzzeit (SWS)	4
Unterrichtssprache	Deutsch
Dauer	1 Semester
Turnus	Jedes Semester
ModulkoordinatorIn	Prof. Dr. B. Burghardt
DozentInnen	Prof. Dr. B. Burghardt
Einordnung in die Studiengänge	Medizinische Biotechnologie BSc, Pharmazeutische Biotechnologie BSc, Pflichtmodul, 2. Fachsemester
Vorkenntnisse	-
Lernergebnisse	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, Vorlesung Physik • besitzen Kenntnisse auf den Gebieten der Physik, die für technische Anwendungen in der pharmazeutischen und medizinischen Biotechnologie relevant sind. Hierzu gehören die Themen Mechanik, Strömungslehre, Elektrizitätslehre, Wärmetransport und Thermodynamik.

	- kennen die zur Lösung von Übungsaufgaben notwendigen mathematischen Hilfsmittel. Übung Physik - können Aufgaben zu in der Vorlesung behandelten Themen selbständig lösen.
Inhalt	In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt: Vorlesung und Übungen Physik - Wärmetransport: Wärmeleitung, Wärmestrahlung - Mechanik: Kinematik, Newtonsche Mechanik, Erhaltungssätze - Mechanik von Flüssigkeiten und Gasen: Dichte, Druck, Fluidodynamik, laminare Strömungen, Bernoulli-Gesetz - Elektrizitätslehre: Strom, Spannung, Ladung, elektrisches Feld, elektrisches Potential, Ohmsches Gesetz - Wärmetransport: Wärmeleitung, Wärmestrahlung - Thermodynamik: Zustandsgleichungen (ideales Gas), Entropie, 1. und 2. Hauptsatz, Thermodynamische Potentiale und ihre Extremal- eigenschaften, chemisches Potential mit Anwendungen (u. a. Osmose), Reaktionskinetik, Transportphänomene - Mathematische Ergänzungen: - Vektorrechnung: Vektoren, Vektoroperationen, Skalarprodukt - Differentialrechnung: Partielle Ableitung - Integralrechnung: Integrationsregeln, Hauptsatz der Differential- und Integralrechnung
Literatur	Vorlesung und Übung Physik - Halliday, Resnick, Walker: Halliday Physik, Wiley-VCH, 2019 P. A. Tipler & G. Mosca, Physik, Springer Spektrum, 2019 M. Elstner, Physikalische Chemie, Bd. 1, Springer Spektrum, 2017 - Rießinger, T., Mathematik für Ingenieure, Springer Vieweg, 2017 - Rießinger, T., Übungsaufgaben zur Mathematik für Ingenieure, Springer Vieweg, 2017
Lehr- und Lernformen	- Physik (V), 3 SWS, 4 LP - Physik (Ü), 1 SWS, 2 LP
Arbeitsaufwand	Vorlesung Physik Präsenzzeit: 33,75 h Selbststudium: 86,25 h Übungen Physik Präsenzzeit: 11,25 h Selbststudium: 48,75 h
Prüfungsform und Bewertung	Die Prüfungsleistung ist eine Klausur (60 Minuten) über das gesamte Modul.
Notenbildung	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.

Modul Molekularbiologie	
Code	(noch nicht bereitgestellt)
Leistungspunkte nach ECTS	9
Präsenzzeit (SWS)	6
Unterrichtssprache	Deutsch
Dauer	2 Semester
Turnus	Jedes Semester
ModulkoordinatorIn	Prof. Dr. K. Otte
DozentInnen	Prof. Dr. K. Otte, Dr. M. Schmidt (LB)
Einordnung in die Studiengänge	Medizinische Biotechnologie BSc, Pharmazeutische Biotechnologie BSc, Angewandte Biotechnologie BSc, Pflichtmodul, 2. Fachsemester
Vorkenntnisse	Vorlesung Molekularbiologie Empfehlung: Zellbiologie, 1. Semester Grundkenntnisse der in der Zelle ablaufenden genetischen Prozesse Praktikum Molekularbiologie Empfehlung: Vorlesung Molekularbiologie, Praktikum Mikrobiologie, Kenntnisse in der Kultivierung von Mikroorganismen, sterile Arbeitsweise
Lernergebnisse	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, • besitzen Kenntnisse über die genetischen Prozesse in der Zelle (Replikation, Transkription, Translation), sowie über Mutationen und die Reparatur von DNA. • sind in der Lage, die grundlegenden Methoden bei der Arbeit mit DNA (der Sicherheitsstufe S1) anzuwenden. • können die grundlegenden Methoden zur Erzeugung und Handhabung von gentechnisch veränderten Mikroorganismen (GVO) praktisch anwenden. • kennen grundlegende molekularbiologische Arbeitstechniken zur Erzeugung gentechnisch veränderter Mikroorganismen und zur heterologen Expression von rekombinanten Proteinen. • kennen Strategien für Klonierungsexperimente. • sind fähig, Daten in wissenschaftlichen Protokollen und Berichten auszuwerten und zusammenzufassen. • kennen die gesetzlichen Regelungen für den sachgemäßen Umgang mit GVOs. • beherrschen die Grundlagen im methodischen Umgang mit Nukleinsäuren (Methoden der Gentechnik). • können in Gruppen zusammenarbeiten.
Inhalt	In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt: Vorlesung Molekularbiologie • Einführung und Geschichte der Molekularbiologie • Struktur von Nukleinsäuren: Nukleotide, Doppelhelix, DNA-Ringe, Zellkern, Chromatin, Nukleosom, Chromosomen • Chromatin und Chromosomen

	• Replikation: Vorgänge an der Replikationsgabel bei Pro- und Eukaryonten • Transkription: Aufbau Promotor, Transkriptionsfaktoren, Elongation, Termination • Prozessieren der mRNA: Spleissen, Editieren, Capping, Polyadenylierung • Translation: Ablauf und Elemente der Translation • Genetischer Code, Rekombination, Mutation, Reparatur • Transkriptionskontrolle • Mitose und Meiose, dominante und rezessive Erbgänge • Epigenetik • CRISPR/Cas9 • nicht-kodierende RNAs • Gentechnische Methoden, Restriktionsenzyme, Vektoren, molekulare Klonierung, DNA-Sequenzierung, PCR und qRT-PCR • Zellsysteme für die Angewandte Biotechnologie: Prokaryonten, Hefen, Diatomeen, maritime Systeme • Einführung in die Stammzellgenetik, "Lab-On-A-Chip" Praktikum Molekularbiologie • Klonierung eines Gens und heterologe Expression des klonierten Gens (<i>E.coli</i>) • Restriktionsverdau zur Isolierung von Insert und Vektor • Dephosphorylierung eines Vektors • präparative Gelelektrophorese zur Isolierung von DNA aus Agarosegelen • Aufreinigung von DNA aus Agarosegelen • Konzentrationsbestimmung von DNA mittels Spektrometrie • Ligationsreaktion zur Herstellung rekombinanter Vektoren • Herstellung kompetenter Bakterien und Transformation von rekombinanter DNA in prokaryontische Wirtsorganismen • Selektion und Verifikation positiver Transformanten durch Plasmidpräparation und Restriktionsverdau sowie Colony-PCR • Heterologe Proteinexpression in <i>E. coli</i> • Fluoreszenzmikroskopie • Transformation und Selektion
Literatur	Vorlesung Molekularbiologie • Molekulare Genetik, Alfred Nordheim & Rolf Knippers, Thieme Verlag, Stuttgart • Molecular Biology of the Gene, Watson, Baker, Bell, Gann, Levine, Losick, Addison Wesley Verlag - Der Experimentator: Molekularbiologie/Genomics, Cornel Mülhardt, Spektrum Akademischer Verlag, 5. Auflage, 2006 • Molecular Biology of the Gene, Watson, Andrew P. Read Wiley-Liss Verlag Praktikum Molekularbiologie • Skript zum Praktikum • Molecular cloning: A Laboratory manual, Maniatis, Sambrook, Rusell, 3rd Volume Edition • Der Experimentator Molekularbiologie/Genomics, C. Mülhardt, Spektrum Akademischer Verlag, 5. Auflage, 2006

Lehr- und Lernformen	• Molekularbiologie (V), 2 SWS, 3 LP • Molekularbiologie (P), 4 SWS, 6 LP
Arbeitsaufwand	Vorlesung Molekularbiologie Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h Praktikum Molekularbiologie Präsenzzeit: 45 h Selbststudium: 135 h
Prüfungsform und Bewertung	Die Prüfungsleistung ist eine Klausur (60 Minuten) über das gesamte Modul. Zu dieser schriftlichen Prüfung werden nur Studierende zugelassen, die die Prüfungsvorleistung „Praktikum Molekularbiologie“ (sA in Form von Protokollen zum Praktikum) in diesem Modul erfolgreich bestanden haben.
Notenbildung	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.

Modul Biochemie	
Code	(noch nicht bereitgestellt)
Leistungspunkte nach ECTS	9
Präsenzzeit (SWS)	6
Unterrichtssprache	Deutsch
Dauer	1 Semester
Turnus	Jedes Semester
ModulkoordinatorIn	Prof. Dr. K. Zimmermann
DozentInnen	Prof. Dr. K. Zimmermann, PD Dr. Bischoff (LB), P. Kienzle (LB), Dr. A. Soleimani (LB)
Einordnung in die Studiengänge	Medizinische Biotechnologie BSc, Pharmazeutische Biotechnologie BSc, Pflichtmodul, 2. Fachsemester
Vorkenntnisse	Vorlesung Biochemie Empfehlung: Modul Grundlagen der Chemie Praktikum Biochemie Empfehlung: Vorpraktikum, Modul Grundlagen der Chemie und Praktikum Mikrobiologie
Lernergebnisse	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, Vorlesung Biochemie • kennen die Struktur von Proteinen und die Prinzipien von Allosterie. • besitzen Grundkenntnisse im Bereich der Reaktionskinetik und Energetik. • kennen die Aufgaben von Enzymen und deren Funktion insbesondere im Stoffwechsel von Säugetieren. • kennen das Zusammenwirken und die Regulation der Stoffwechselwege in Abhängigkeit vom physiologischen Zustand der Zelle sowie bei Stoffwechselkrankheiten. • kennen die Wege des Grundstoffwechsels.

	• verstehen die Grundprinzipien der Regulation des Stoffwechsels. Praktikum Biochemie • beherrschen biochemische Laborarbeitstechniken. • können Enzymkinetiken untersuchen und die wichtigsten Hemmtypen unterscheiden. • sind in der Lage, den theoretischen Aufbau enzymatischer und immunchemischer Assays und deren Aussagekraft zu verstehen. • können Assays planen, aufbauen, durchführen, analysieren und theoretisch auswerten und interpretieren.
Inhalt	In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt: Vorlesung Biochemie • Aufbau und Struktur von Proteinen • Enzyme und ihre Funktion • Aufbau und Stoffwechsel der Kohlenhydrate, Glykolyse, Gluconeogenese, Glykogen, Cori-Zyklus • Citratzyklus, anaplerotische Reaktionen, Pentose-phosphatweg, Coenzyme, prosthetische Gruppen und Vitamine • Funktionen, Aufbau und Stoffwechsel der Lipide, Beta-Oxidation, Fettsäuresynthese, Ketonkörperstoffwechsel, Lipidneogenese • Oxidative Phosphorylierung, Chemiosmose, ATP-Synthese, Redoxpotential • Photosynthese, Licht- und Dunkelreaktion • Aminosäuren-Metabolismus, Synthese von Aminosäuren, Harnstoff-Zyklus • Grundlagen des Nukleotid-Metabolismus • Regulation des Stoffwechsels durch Hormone, Organspezialisierung im Stoffwechsel, Pathobiochemie • Stoffwechsel von Tumorzellen und Zelllinien Praktikum Biochemie • grundlegender mechanischer Aufschluss von Zellen zur Aufreinigung von Proteinen • Anreicherung von Enzymen durch Ammoniumsulfat-Präzipitation • Bradford Test zur Bestimmung der Proteinkonzentration • Enzymkinetik mit unterschiedlichen Inhibitionen und Bestimmung der Michaelis-Menten-Parameter • gekoppelte enzymatische Tests zum Zuckernachweis • SDS-PAGE mit Coomassie-Färbung • Western-Blot • Cytotoxizitätsassay • Direkter ELISA • Sandwich-ELISA • Software-basierte graphische Darstellung und Auswertung und Interpretation der Laborergebnisse
Literatur	Vorlesung Biochemie • Vorlesungspräsentation • Stryer Biochemie, Lubert Stryer, Jeremy M. Berg, John L. Tymoczko, Gregory J. Gatto, 8. Auflage, 2017, Springer-

	Verlag • Löffler, Petrides: Biochemie und Pathobiochemie • Koolman, Röhm: Taschenatlas Biochemie des Menschen • Biochemie, H. Robert Horton und Laurence A. Moran, 4. Auflage, Pearson Studium – Biologie Praktikum der Biochemie • Praktikumsskript • Wollenberger: Analytische Biochemie: Eine praktische Einführung in das Messen mit Biomolekülen • Lottspeich, Bioanalytik, Spektrum Verlag
Lehr- und Lernformen	• Biochemie (V), 2 SWS, 3 LP • Biochemie (P), 4 SWS, 6 LP
Arbeitsaufwand	Vorlesung Biochemie Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h Praktikum der Biochemie Präsenzzeit: 45 h Selbststudium: 135 h
Prüfungsform und Bewertung	Die Prüfungsleistung ist eine Klausur (90 Minuten) über das gesamte Modul. Zu dieser schriftlichen Prüfung werden nur Studierende zugelassen, die die Prüfungsvorleistung „Praktikum der Biochemie“ (sA, Protokoll) erfolgreich bestanden haben.
Notenbildung	Die Modulnote entspricht dem nach Leistungspunkten-gewichteten Ergebnis der einzelnen Prüfungsleistungen.

Module im 2. Studienabschnitt (3. - 5. Semester)

Modul Molekulare Medizin	
Code	(noch nicht bereitgestellt)
Leistungspunkte nach ECTS	6
Präsenzzeit (SWS)	4
Unterrichtssprache	Deutsch
Dauer	1 Semester
Turnus	Jedes Semester
ModulkoordinatorIn	Prof. Dr. K. Otte
DozentInnen	Prof. Dr. K. Otte, Dr. Maike Haensel (LB)
Einordnung in die Studiengänge	Medizinische Biotechnologie BSc, Pflichtmodul, 3. Fachsemester
Vorkenntnisse	Vorlesung Humangenetik - Inhaltlich: Vorlesung Zellbiologie, Vorlesung Molekularbiologie, Vorlesung Biochemie Vorlesung Molekulare Medizin - Inhaltlich: Vorlesung Zellbiologie, Vorlesung Molekularbiologie, Vorlesung Biochemie Empfehlung: Module des 2. Studienabschnittes
Lernergebnisse	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, Vorlesung Humangenetik - verstehen die grundlegenden Prinzipien der Humangenetik und der Vererbung. - Haben vertiefte Kenntnisse über molekulare Mechanismen der Genexpression und -regulation. - haben die Fähigkeit zur Anwendung genetischer Analysemethoden zur Erforschung menschlicher Krankheiten sowie Einblicke in deren Anwendung in anderen Bereichen. - kennen den Aufbau des humanen Genoms, die Bedeutung von Sequenzvariationen und deren Anwendung in der medizinischen Diagnostik erläutern. - verstehen die ethischen, sozialen und rechtlichen Implikationen der Humangenetik. Vorlesung Molekulare Medizin - besitzen einen Einblick in aktuelle Forschungsgebiete im Bereich der molekularen Medizin und kennen ihre Auswirkungen auf Ursachenforschung, Diagnostik und Therapie. - kennen modernste Techniken und Modelle im Bereich der Molekularen Medizin und personalisierten Medizin.
Inhalt	In diesem Modul werden folgende Fachkompetenzen vermittelt: Vorlesung Humangenetik Einführung in die Humangenetik: Geschichte und

	Grundbegriffe • Aktuelle Genom-Datenbanken und -projekte • Humane molekularbiologische Mechanismen wie DNA-Replikation, DNA-Reparatur und damit assoziierte Krankheiten • Aufbau des humanen Genoms • Repetitive Sequenzen und Strukturvarianten • Genommutationen, Chromosomenmutationen, Genmutationen: mit Krankheitsbeispielen • Zytogenetische Nomenklatur • Mendelsche Regeln, Erbgänge, Ausnahmen • Genomisches Imprinting und epigenetische Regulation • Genetische Kopplung: Rekombination, Haplotypen, Kopplungsungleichgewicht, Kopplungsanalysen • Polymorphismen, SNPs und Populationsgenetik, Assoziationsstudien • Methoden der Humangenetik: Karyotypisierung, PCR, Sequenzierung, Mikroarrays • Humangenetik in der medizinischen Diagnostik und Therapie (Stichwort: personalisierte Medizin) • Anwendung humangenetischer Methoden in weiteren Bereichen: Herkunftsanalysen, Forensik, Paläoanthropologie • Ethische und soziale Aspekte der Humangenetik • Ausblick Gentherapie: Möglichkeiten und Grenzen Vorlesung Molekulare Medizin • Einführung in Aufgaben, Ziele und Anwendungsgebiete der Molekularen Medizin • Ursachen von Krankheiten: Genetik, Infektionen, Autoimmunität, Lebensstil/Umwelt: Überschneidungen • Einführung in verschiedene Forschungsgebiete der Molekularen Medizin, wie Onkologie/Krebs, Adipositas/Diabetes, Altersforschung: Ursachenforschung, aktueller Forschungsstand, Möglichkeiten der Einflussnahme • Methoden der Molekularen Medizin: Multi-Omics: Genomics, Transkriptomics, Proteomics/Metabolomics, Anwendungsbeispiele • Bioinformatik & Systembiologie: Was können wir mit diesen Daten alles machen? (Stichwort KI, Netzwerkmodelle) • Zellbasierte Modelle (z.B. Zelllinien, Organoide) • Tiermodelle (auch Alternativen und ethische Aspekte) • Transfer auf den Menschen: Klinische Studien, Forschungsethik • Anwendung: Personalisierte Medizin heute (z.B. Krebstherapie, Genomsequenzierung, Pharmakogenetik) und morgen (Gentherapien, mRNA-basierte Therapien, Zelltherapien) • Einführung in "Zukunftsthemen" der Molekularen Medizin (z.B. Mikrobiom/Virom, regenerative Medizin/Tissue Engineering), ggf. als Gastvorträge
Literatur	Vorlesung Humangenetik • Aktuelle Forschungsartikel und Reviews aus Fachzeitschriften • Jan Diether Murken, Tiemo Grimm, Elke Holinski-Feder, Klaus Zerres: Taschenlehrbuch Humangenetik - 9.

	teilaktualisierte Auflage (2017) • Torben Christoph Müller: 1x1 der Klinischen Genetik – 1. Auflage (2011) • Online-Ressourcen und Datenbanken, wie PubMed und ScienceDirect Vorlesung Molekulare Medizin • Hirsch-Kauffmann, Monica; Schweiger, Manfred; Schweiger, Michal-Ruth: Biologie und molekulare Medizin für Mediziner und Naturwissenschaftler, 7. Aufl., Thieme 2015 • andere Standardlehrbücher der Molekularen Medizin und der Pathobiochemie (z.B. Löffler-Petrides, Biochemie und Pathobiochemie, Springer Verlag) • aktuelle Übersichts- und Originalarbeiten
Lehr- und Lernformen	• Humangenetik (V), 2 SWS, 3 LP • Molekulare Medizin (V), 2 SWS, 3 LP
Arbeitsaufwand	Vorlesung Humangenetik Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h Vorlesung Molekulare Medizin Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h
Prüfungsform und Bewertung	Die Prüfungsleistung besteht aus einer Klausur (60 Minuten) über die Inhalte aus den Lehrveranstaltungen "Humangenetik" und „Molekulare Medizin“.
Notenbildung	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.

Modul Physiologie und Pathophysiologie	
Code	(noch nicht bereitgestellt)
Leistungspunkte nach ECTS	6
Präsenzzeit (SWS)	4
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch
Dauer	1 Semester
Turnus	Jedes Semester
ModulkoordinatorIn	Prof. Dr. K. Zimmermann
DozentInnen	Dr. E. Isbary (LB), Dr. Stopfer (LB), Dr. Trommeshauser (LB)
Einordnung in die Studiengänge	Medizinische Biotechnologie BSc, Pflichtmodul, 4. Fachsemester
Vorkenntnisse	Vorlesung Physiologie Empfehlung: Zellbiologie, Biochemie I und Molekularbiologie Vorlesung Pathophysiologie und Pharmakologie Empfehlung: Zellbiologie, Biochemie I und Mikrobiologie
Lernergebnisse	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, Vorlesung Physiologie

	• sind mit den Grundlagen der Physiologie und der physiologischen Funktion und Regelkreisläufe der menschlichen Organe vertraut. • besitzen ein Verständnis der grundlegenden pathophysiologischen Vorgänge im Menschen. • kennen den Aufbau und die Cytoarchitektur der menschlichen Organe und Gewebe. Vorlesung Pathophysiologie und Pharmakologie • verstehen die grundlegenden molekularen und zellulären Mechanismen, die Krankheiten verursachen. • sind fähig, die Pathophysiologie verschiedener Krankheiten zu erklären. • haben Kenntnisse über aktuelle Forschungsergebnisse und deren Anwendung in der Diagnose und Therapie von Krankheiten. • verstehen Krankheiten als Strukturdefekte und Dysregulation normaler Organfunktion. • Sind sich der Komplexität der verschiedenen Organsysteme sowie deren Zusammenspiel bewusst • können die Bedeutung diagnostischer Parameter für die Erkennung von Krankheiten kritisch reflektieren • vernetzen ihr biochemisches Grundwissen mit Fragen des medizinischen Alltags. • besitzen Grundkenntnisse in Pharmakologie. • haben Kenntnisse über aktuelle Forschungsergebnisse und deren Anwendung in der Diagnose und Therapie von Krankheiten. • verstehen Krankheiten als Strukturdefekte und Dysregulation normaler Organfunktion. • sind sich der Komplexität der verschiedenen Organsysteme sowie deren Zusammenspiel bewusst • können die Bedeutung diagnostischer Parameter für die Erkennung von Krankheiten kritisch reflektieren • vernetzen ihr biochemisches Grundwissen mit Fragen der Pharmakotherapie.
Inhalt	In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt: Vorlesung Physiologie • Einführung in die Physiologie, Regelkreisläufe allgemein, Aktionspotential, Anatomischer Überblick, Knochenbau und -physiologie • Entwicklungs- und Reproduktionsbiologie • Haut / Temperaturhaushalt • Herz und kardiovaskuläres System • Atmung und Transport der Atemgase im Blut • Blut und Blutbestandteile • Verdauung, Leberstoffwechsel • Niere und Homöostase • Muskulatur und Motorik • Endokrinologie • Zentrales Nervensystem, synaptische Übertragung und Sinnesphysiologie • Peripheres Nervensystem: Sympathikus und Parasympathikus

	• Grundlagen Pathophysiologie Vorlesung Pathophysiologie und Pharmakologie • Einführung in die Pharmakologie: Geschichte der Pharmakologie und Toxikologie, Definitionen, Beispiele für Pharmaka aus der Natur, verschiedene Darreichungsformen • Pharmakodynamik und Pharmakokinetik: Grundlagen und Basiswissen der Pharmakodynamik, Grundlagen und Basiswissen der Resorption und Verteilung, Biotransformation und Ausscheidung, Elimination: Einfluss von Magen/Darm, Leber, Niere auf die Biotransformation und Ausscheidung von Pharmaka • Sympathisches und Parasympathisches Nervensystem: Angriffspunkte für Pharmaka und entsprechende Behandlungsoptionen für spezielle Erkrankungen wie Schnupfen, Allergien, Asthma/COPD, Bluthochdruck, ADHS • Herz-Kreislauf-System: Beschreibung der Herzinsuffizienz und Angriffspunkte von Pharmaka, Beschreibung der Hypertonie und Angriffspunkte für Pharmaka • Pathophysiologie und Therapieoptionen für Typ I und II Diabetes • Antikoagulierende Behandlungsoptionen • Einführung in verschiedene Mediatoren wie Dopamin, Histamin und Serotonin und entsprechende Behandlungsmöglichkeiten für spezielle Erkrankungen wie Morbus Parkinson oder Migräne • Pathophysiologie des Schmerzes und entsprechende Behandlungsmöglichkeiten mit NSAIDs, Glucocortikoiden und Opioiden
Literatur	Vorlesung Physiologie • Despopoulos/Silbernagl: Taschenatlas der Physiologie Vorlesung Pathophysiologie und Pharmakologie • Lehrbuch: Taschenatlas Pathophysiologie. Silbernagl S, Lang F, Hrsg. 6., vollständig überarbeitete Auflage. Stuttgart: Thieme; • Taschenatlas der Pharmakologie, Heinz Lüllmann, Klaus • Mohr, Lutz Hein, ISBN-10: 3-13-707706-0 • Mutschler Arzneimittelwirkungen: Lehrbuch der Pharmakologie und Toxikologie
Lehr- und Lernformen	• Physiologie (V), 2 SWS, 3 LP • Pathophysiologie (V), 2 SWS, 3 LP
Arbeitsaufwand	Vorlesung Physiologie Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h Vorlesung Pathophysiologie und Pharmakologie Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h
Prüfungsform und Bewertung	Die Prüfungsleistung ist eine Klausur (60 Minuten) über die beiden Vorlesungen.
Notenbildung	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.

Modul Gentechnik	
Code	(noch nicht bereitgestellt)
Leistungspunkte nach ECTS	6
Präsenzzeit	4
Unterrichtssprache	Deutsch
Dauer	1 Semester
Turnus	Jedes Semester
ModulkoordinatorIn	Prof. Dr. K. Otte
DozentInnen	Prof. Dr. K. Otte
Einordnung in die Studiengänge	Medizinische Biotechnologie BSc, Pharmazeutische Biotechnologie BSc, Pflichtmodul, 3. Fachsemester
Vorkenntnisse	Praktikum Gentechnik Empfehlung: Vorlesung Molekularbiologie und Praktikum Molekularbiologie Vorlesung Moderne Methoden der Gentechnik Empfehlung: Vorlesung Molekularbiologie und Praktikum Molekularbiologie
Lernergebnisse	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, • besitzen erweiterte Kenntnisse aus dem Bereich der Gentechnik, v. a. in Bezug auf Herstellung von mRNA Therapeutika und Anwendung der CRISPR/Cas Genomeditierung. • kennen modernste Techniken im Bereich Gentechnik und Genomik. • können erworbenes Wissen zum Erstellen eigener Protokolle anwenden. • haben erweiterte praktische und theoretische Kenntnisse im Umgang mit gentechnischen Methoden. Im Vordergrund stehen hierbei Methoden zur molekularen Herstellung von mRNA basierten Therapeutika, sowie der Genomeditierung.
Inhalt	In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt: Praktikum Gentechnik Herstellung von mRNA Therapeutika • Plasmidpräparation • Plasmidverdau mit Restriktionsenzymen • Aufreinigung von Plasmid-DNA • In vitro Transkription • Qualitative Gelelektrophorese • Aufreinigung des Transkriptionsprodukts • Nachweis durch cDNA Synthese und qPCR Analyse Genomeditierung • Transformation von Plasmiden mit kodierenden Einheiten für sgRNAs und donor-Sequenzen in Cas9 exprimierende <i>E.coli</i> Zellen, sowie relevanter Kontrollen • Phenotypische Analyse durch Blau/Weiß Screening • Nachweis der Genomeditierung durch Multiplex PCR und

	Gelelektrophorese Vorlesung Moderne Methoden der Gentechnik • NGS-Sequenzierungstechniken • Genom- und Transkriptionssequenzierungen • Microarray-Analysen • Humanes Genomprojekt • qPCR und dPCR • eukaryontische und prokaryontische Expressionssysteme zur heterologen Proteinproduktion • Optimierung von Expressionssystemen durch genetische Modulation • nicht-kodierende RNAs als gentechnische Werkzeuge • aktuelle technische Neuerungen
Literatur	Praktikum Gentechnik • Molecular cloning: A Laboratory manual, Maniatis, Sambrook, Rusell, 3rd Volume Edition • Der Experimentator Molekularbiologie/Genomics, C. Mülhardt, Spektrum Akademischer Verlag, 5. Auflage, 2006 Vorlesung Moderne Methoden der Gentechnik • aktuelle wissenschaftliche Artikel
Lehr- und Lernformen	• Gentechnik (P), 3 SWS, 4 LP • Moderne Methoden der Gentechnik (V), 1 SWS, 2 LP
Arbeitsaufwand	Praktikum Gentechnik Präsenzzeit: 33,75 h Selbststudium: 86,25 h Vorlesung Moderne Methoden der Gentechnik Präsenzzeit: 11,25 h Selbststudium: 48,75 h
Prüfungsform und Bewertung	Die Prüfungsleistung ist eine Klausur (60 Minuten) über das gesamte Modul. Zu dieser schriftlichen Prüfung werden nur Studierende zugelassen, die die Prüfungsvorleistung des Praktikums „Gentechnik“ (sA) erfolgreich absolviert haben.
Notenbildung	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.

Modul Technische Mikrobiologie	
Code	(noch nicht bereitgestellt)
Leistungspunkte nach ECTS	9
Präsenzzeit (SWS)	6
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch
Dauer	1 Semester
Turnus	Jedes Semester
ModulkoordinatorIn	Prof. Dr. S. Gaisser
DozentInnen	Prof. Dr. S. Gaisser, Prof. Dr. H. Grammel
Einordnung in die	Medizinische Biotechnologie BSc, Pharmazeutische

Studiengänge	Biotechnologie BSc, Pflichtmodul, 3. Fachsemester
Vorkenntnisse	Vorlesung Zelluläre Produktion Empfehlung: Vorlesung/Praktikum Mikrobiologie (1. Semester) Praktikum der Technische Mikrobiologie Empfehlung: Vorlesung/Praktikum Mikrobiologie (1. Semester)
Lernergebnisse	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, erlangen und vertiefen essentielle Handlungskompetenzen: • Erweiterung der Fachkompetenz durch • die praktische Durchführung fermentativer Produktionsverfahren mit prokaryotischen Zellen. • Den Teilnehmern des Moduls wird ein Überblick über grundlegende Konzepte Mikroorganismen-basierter Herstellungsprozesse von wichtigen industriellen Produkten wie beispielsweise Antibiotika (Penicillin, Erythromycin) vermittelt. • Die Studierenden gewinnen wichtige Kenntnisse über die Bedeutung von Mikroorganismen in biotechnologischen Produktionsprozessen und über die Arbeitstechniken zur Durchführung von Fermentationen sowie über historische und moderne Beispiele mikrobieller Produktionsverfahren. • Beispiele industriell relevanter eukaryotischer Zellprodukte werden anhand von Beispielen vermittelt (fungale Sekundärmetabolite, pflanzenbasierte Produkte (Taxol (Paclitaxel)), sowie ein Überblick über unterschiedliche Biopharmazeutika vorgestellt (Insulin, Taliglucerase alfa (Elelyso) etc.) • Die erfolgreichen Teilnehmer beherrschen sowohl grundlegende Arbeitstechniken zur Durchführung von Fermentationen als auch die fachspezifische Terminologie in Deutsch und Englisch. • Vertiefung der Sozialkompetenz durch routinierte Teamarbeit und Erstellung von Gruppenprotokollen. • Erfahrungserweiterung in der Analyse wissenschaftlicher Texte, Datengewinnung und Auswertung. • Die Studierenden erarbeiten Schlüsselkompetenzen, die für ein erfolgreiches, zukünftiges Arbeiten in einer professionellen Arbeitsumgebung essentiell sind.
Inhalt	In diesem Modul werden folgende Fachkompetenzen vermittelt: Vorlesung Zelluläre Produktion • Aufbau eines Bench-Top Bioreaktors zur Kultivierung prokaryotischer Zellen • historischer Überblick: Mikroorganismen und Biotechnologie, Produkte, Beispiele von Primär- und Sekundärmetaboliten • mikrobielle Produzenten, Bioprospecting und Biomining, Metagenomics • Stammentwicklung: klassische Methoden: Mutagenese und Screening, Beispiele: Penicillin, Lysin

	• Stammentwicklung: moderne Methoden: Transcriptom/ Proteom/ Metabolom, Genetic Engineering, Gen- Shuffling, CRISPR-Cas • Optimierung der Medienzusammensetzung am Beispiel Penicillinproduktion, Katabolitrepession in <i>E. coli</i> • Beispiele zellbasierter Produkte wie Hefeherstellung, Quorn, Astaxanthin, Probiotics • organische Säuren als Produkte: Zitronensäureherstellung, Gluconsäure, Essigherstellung • Aminosäuren und Vitamine als Produkte: Glutamat, Lysin, Aspartam, Vitamin B12, Vitamin B2, Vitamin C • Polymere: PHB und Bioplastik, Natto, Xanthan, Dextran • antimikrobielle Wirkstoffe: Chemotherapeutische Agenzien: Salvarsan, Sulfanilamide, Quinolone, Antibiotika: Penicillin, Streptomycin, Überblick Antibiotika • weitere fungale Sekundärmetabolite (Mycotoxine, Statine) sowie pflanzliche Sekundärmetabolite (Aspirin, Taxol) • Biopharmazeutika: <i>Escherichia coli</i> als Expressionsstamm, Insulin • Biopharmazeutika: Überblick und neue Entwicklungen (basierend beispielsweise auf der Veröffentlichung von Walsh and Walsh, 2022, Nature Biotechnology, 40:1722-1760) Praktikum Technische Mikrobiologie • Erlernen der Arbeitsschritte zur Vorbereitung des Bioreaktors für die Autoklavierung, Aufbau eines Bioreaktors zur Fermentation, Benutzung der Steuereinheit, Kalibrierung der pH-Sonde, Test der DO (dissolved oxygen)- Sonde; Kalibrierung der DO- Sonde, Medienherstellung, Inokulation und Ernte, Probenahme • Anzucht einer Vorkultur und Durchführung der Fermentation von <i>E. coli</i> XL1Blue, Abbau des Bioreaktors, Autoklavierung, Reinigung der Apparaturen, Dokumentation der Ergebnisse • Inokulation, Probenahme, computergestützte Datenaufnahme, Wachstumskurve, Ernte, Autoklavieren und Reinigung der Apparatur, Protokollerstellung • Fermentation eines <i>E. coli</i>-Stammes zur Expression von GFP; der verwendete Stamm entspricht dem Konstrukt, welches von den Studierenden im Praktikum Molekularbiologie hergestellt wird. • Das eingefrorene Zellsediment wird im Rahmen des Praktikums Biotechnologische Aufarbeitung weiterbearbeitet. • Kultivierung des filamentös wachsenden gram-pos. Bakteriums <i>Saccharopolyspora erythraea</i> (Erythromycin Produzent) • Anzucht des Organismus in Flüssigkultur, mikroskopische Untersuchung des Mycelwachstums, Wachstum auf Agarplatten: Substrat-, Luftmycel, Sporen • Überimpfen der Flüssigkultur in Produktionsmedium (Schüttelkolben) • Ernte des Überstandes der Produktionskultur • Der Überstand wird von den Studierenden mit Hilfe eines Agardiffusionstests untersucht.
Literatur	Vorlesung Zelluläre Produktion • Fermentation Microbiology and Biotechnology, EMT EI-

	Mansi et al., fourth edition, ISBN-10: 113858102X Praktikum Technische Mikrobiologie • Skript der Arbeitsanweisung Biostat® B-DCU und Praktikumsskript • Fermentation Microbiology and Biotechnology, EMT EI- Mansi et al., fourth edition, ISBN-10: 113858102X
Lehr- und Lernformen	• Zelluläre Produktion (V), 2 SWS, 3 LP • Technische Mikrobiologie (P), 4 SWS, 6 LP
Arbeitsaufwand	Vorlesung Zelluläre Produktion Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h Praktikum Technische Mikrobiologie Präsenzzeit: 45 h Selbststudium: 135 h
Prüfungsform und Bewertung	Die Prüfungsleistung ist eine Klausur (60 Minuten) über das gesamte Modul. Zu dieser schriftlichen Prüfung werden nur Studierende zugelassen, die die Prüfungsvorleistung des „Praktikums Technische Mikrobiologie“ (sA) erfolgreich absolviert haben.
Notenbildung	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.

Modul Einführung Data Science	
Code	(noch nicht bereitgestellt)
Leistungspunkte nach ECTS	6
Präsenzzeit (SWS)	4
Unterrichtssprache	Deutsch
Dauer	1 Semester
Turnus	Jedes Semester
ModulkoordinatorIn	Prof. Dr. B. Burghardt
DozentInnen	Prof. Dr. B. Burghardt
Einordnung in die Studiengänge	Medizinische Biotechnologie BSc, Pharmazeutische Biotechnologie BSc, Pflichtmodul, 3. Fachsemester
Vorkenntnisse	Vorlesung und Übung Biostatistik und Physik
Lernergebnisse	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, Vorlesung und Übung Data Science • Kennen fortgeschrittene Methoden der Statistik und des maschinellen Lernens. • können mit Hilfe statistischer Software Versuchsauswertungen durchführen.
Inhalt	In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt: Vorlesung Grundlagen Data Science Der Lehrinhalt gliedert sich in folgende Themengebiete, die mit Übungsaufgaben und -beispielen vertieft werden:

	• Fehlerfortpflanzungsgesetz • Hypothesen-Tests (u. a. t-Test, Binomialtest) • Ausgleichsrechnung (nicht-lineare Fits) • Monte Carlo-Verfahren • Ausgewählte Kapitel des maschinellen Lernens • Mathematische Ergänzungen • Reellwertige Funktionen mehrerer Veränderlicher: Partielle Ableitungen, Gradienten, lokale Extrema Übung Data Science Der Lehrinhalt orientiert sich an den Themen der Vorlesung, die mit Übungsaufgaben und -beispielen vertieft werden. Mit Hilfe statistischer Software wie z.B. R, Python oder Ähnliche wenden die Studierenden die erworbenen Kenntnisse an.
Literatur	Vorlesung und Übung Data Science • Ross, S. M.: Statistik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Spektrum Verlag, 2006 • D. C. Montgomery & George C. Runger, Applied Statistics and Probability for Engineers, Wiley, 2010 • Box, G. E. P.; Hunter, W. G. & Hunter, J. S. Statistics for Experimenters John Wiley & Sons, 2005 • Bruce, Peter / Bruce Andrew / Gedeck, Peter. Praktische Statistik für Data Scientists. O'Reilly, 2021 • Wilke, Claus O.; Datenvisualisierung – Grundlagen und Praxis, O'Reilly, 2020 • Géron, Aurélien; Praxiseinstieg Machine Learning mit Scikit-Learn, Keras und TensorFlow O'Reilly, 2020
Lehr- und Lernformen	• Grundlagen Data Science (V), 2 SWS, 3 LP • Übung Data Science (Ü), 2 SWS, 3 LP
Arbeitsaufwand	Vorlesung Data Science Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h Übung Data Science Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h
Prüfungsform und Bewertung	Die Prüfungsleistung ist eine Klausur (60 Minuten) über das gesamte Modul.
Notenbildung	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.

Modul Immunbiologie	
Code	(noch nicht bereitgestellt)
Leistungspunkte nach ECTS	6
Präsenzzeit (SWS)	4
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch
Dauer	1 Semester
Turnus	Jedes Semester

ModulkoordinatorIn	Prof. Dr. K Zimmermann
DozentInnen	Prof. Dr. K. Zimmermann, Dr. F. Igney (LB)
Einordnung in die Studiengänge	Medizinische Biotechnologie BSc, Pflichtmodul, 4. Fachsemester
Vorkenntnisse	Vorlesung Immunbiologie Empfehlung: Zellbiologie, Biochemie I und Mikrobiologie Immunologisches Praktikum Empfehlung: Praktikum Biochemie und Praktikum
Lernergebnisse	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, Vorlesung Immunbiologie und Immunologisches Praktikum • sind in die Lage, die Grundlagen und Mechanismen der molekularen und zellulären Immunologie, der Immunpathologie und der Beteiligung des Immunsystems an Erkrankungen zu erkennen. • sind vertraut mit immunologischen Laborarbeiten sowie Ablauf und Interpretation von immunologischen Assays.
Inhalt	In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt: Vorlesung Immunbiologie • Einführung in die grundlegenden Konzepte und Abläufe in der Immunologie • angeborene Immunität, Muster-Erkennungsrezeptoren, Antigenpräsentation, MHC- I und MHC-II • Antigenpräsentation, MHC- I und MHC-II, Antigenerkennung durch B- und T-Zellrezeptoren, Rezeptor-Signalgebung • erworbene Immunität, Entwicklung und Reifung von Lymphozyten, Erzeugung und Selektion der Rezeptorvielfalt • Adaptive T-Zell vermittelte Immunantwort • Adaptive B-Zell vermittelte humorale Immunantwort, Immunglobuline • Immunologisches Gedächtnis • Komplementsystem, NK-Zellen • Immunantwort bei Infektionen • Immunpathologien, Hypersensitivitäten, Allergie • Toleranz und Autoimmunität, Transplantation • Tumorimmunologie Immunologisches Praktikum • Gewinnung von Immunzellen aus Blut, Giemsa Färbung und Analyse der Immunzelltypen mittels Durchflusszytometrie • Isolation der peripheren mononukleären Zellen (PBMC) durch Dichtegradientenzentrifugation und in vitro Aktivierung der primären Lymphozyten, Analyse mit Durchflusszytometrie • Untersuchung der Phagozytoseaktivität mittels Durchflusszytometrie • Lateral Flow Assay zum Nachweis von Antigen- oder Allergen-spezifischen Antikörpern
Literatur	Vorlesung Immunologie • Schütt/Bröker: Grundwissen Immunologie • Abbas: Cellular and Molecular Immunology

	• Murphy: Janeway's Immunobiology Immunologisches Praktikum • Praktikumsskript
Lehr- und Lernformen	• Immunbiologie (V), 2 SWS, 3 LP • Praktikum Immunologie und Histologie, 2 SWS, 3 LP
Arbeitsaufwand	Vorlesung Immunbiologie Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h Immunologisches Praktikum Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h
Prüfungsform und Bewertung	Die Prüfungsleistung ist eine Klausur (60 Minuten) über das gesamte Modul. Zur Prüfungsleistung werden nur Studierende zugelassen, die die Prüfungsvorleistung (sA) „Immunologisches Praktikum“ erfolgreich bestanden haben.
Notenbildung	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.

Modul Zellkulturtechnik	
Code	(noch nicht bereitgestellt)
Leistungspunkte nach ECTS	6
Präsenzzeit (SWS)	4
Unterrichtssprache	Deutsch
Dauer	1 Semester
Turnus	Jedes Semester
ModulkoordinatorIn	Prof. Dr. A. Ghanem
DozentInnen	Prof. Dr. A. Ghanem, Prof. Dr. H. Hesse
Einordnung in die Studiengänge	Medizinische Biotechnologie BSc, Pflichtmodul, 3. Fachsemester
Vorkenntnisse	Vorlesung Zellkulturtechnik Empfehlung: Vorlesung Zellbiologie, Praktikum der Technischen Mikrobiologie Praktikum Zellkulturtechnik Empfehlung: Vorlesung Zellbiologie, Vorlesung Zellkulturtechnik
Lernergebnisse	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, Vorlesung und Praktikum Zellkulturtechnik • sind in der Lage die Relevanz von Zelllinien und Zellkultur für Forschung, Diagnostik und biopharmazeutische Anwendungen einzuordnen und können Aufbau, Ausstattung und sichere Nutzung eines Zellkulturlabors erläutern und die Bedeutung steriler Arbeitstechniken erklären • besitzen ein gutes theoretisches und praktisches Grundwissen über die Standardmethoden in zellbiologischen Laboratorien (z.B. Kultivieren von adhärenenten Zellen und

	Suspensionszellen, Beurteilung von Morphologie, Wachstum und Viabilität, Zellzahlbestimmung mittels Neubauer Zählkammer und automatisiertem System, Transfektion von kultivierten Zellen mit verschiedenen Transfektionsmethoden, Selektion und Cryo-Konservierung. • können Fluoreszenzmikroskopie und Durchflusszytometrie als komplementäre Analyseverfahren für Reportereexpression und Viabilität durchführen und beschreiben und einfache Datensätze interpretieren • Haben ein grundsätzliches Verständnis von Zellkulturmedien und wachstumsfördernden Zusätzen • Sind in der Lage, experimentelle Ergebnisse nach wissenschaftlichen Grundsätzen zu dokumentieren, kritisch zu bewerten und typische Fehlerquellen wie Kontamination, Fehler bei der Zellzählung, Überkonfluenz oder Passage-Effekte zu erkennen.
Inhalt	In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt: Vorlesung Zellkulturtechnik • Historische und aktuelle Relevanz der Zellkulturtechnik • Theorie der sterilen Arbeitstechniken • Kontaminationsquellen und Kontaminationstypen • Medien und Medienbestandteile • Laborgeräte und Sterilisation • Zellfärbung und Zellzahlbestimmung • Kultivierungsgefäße und -bedingungen • Zelltypen (Adhärente Zellen und Suspensionszellen) • verschiedene Transfektions- und Selektionsmethoden Praktikum Zellkulturtechnik • steriles Arbeiten unter einer Sterilwerkbank • Ansatz von Kulturmedien • Kultivierung von Zellen die adhärent bzw. in Suspension wachsen; Expansion und Skalierung, • Trypanblau Färbung und Zellzahlbestimmung mittels Neubauer Zählkammer und dem automatisierten Zellzählgerät „Cedex“ • Berechnen und Einstellen der benötigten Zellkonzentration zum Passagieren von Zellen • Durchführung verschiedener Transfektionsmethoden • Analyse von mit dem GFP (Green Fluoreszenz Protein) Gen transfizierten Fibroblasten mittels Fluoreszenzmikroskop und Durchflusszytometer
Literatur	Vorlesung und Praktikum Zellkulturtechnik • Capes-Davis, A.; Freshney, R. I. (2021). Freshney's Culture of Animal Cells: A Manual of Basic Technique and Specialized Applications. 8th Edition. Wiley-Blackwell. ISBN 978-1-119-51301-8 / eBook 978-1-119-51304-9 • Gstraunthaler, G.; Lindl, T. (2021). Zell- und Gewebekultur: Allgemeine Grundlagen und spezielle Anwendungen. 8. Auflage. Springer Spektrum. ISBN 978-3-662-62605-4 / eBook 978-3-662-62606-1
Lehr- und Lernformen	• Zellkulturtechnik (V), 1 SWS, 2 LP • Zellkulturtechnik (P), 3 SWS, 4 LP

Arbeitsaufwand	Vorlesung Zellkulturtechnik Präsenzzeit: 11,25 h Selbststudium: 48,75 h Praktikum Zellkulturtechnik Präsenzzeit: 33,75 h Selbststudium: 86,25 h
Prüfungsform und Bewertung	Die Prüfungsleistung ist eine Klausur (60 Minuten) über das gesamte Modul. Zu dieser schriftlichen Prüfung werden nur Studierende zugelassen, die die Prüfungsvorleistung Praktikum „Zellkulturtechnik“ (sA) erfolgreich absolviert haben.
Notenbildung	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.

Modul Metabolic Engineering	
Code	(noch nicht bereitgestellt)
Leistungspunkte nach ECTS	6
Präsenzzeit (SWS)	4
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch
Dauer	1 Semester
Turnus	Jedes Semester
ModulkoordinatorIn	Prof. Dr. O. Peters
DozentInnen	Prof. Dr. O. Peters, Prof. Dr. K. Otte, Dr. S. Fischer (LB)
Einordnung in die Studiengänge	Medizinische Biotechnologie BSc, Pflichtmodul, 4. Fachsemester
Vorkenntnisse	Vorlesung Zelllinienentwicklung Empfehlung: Modul Gentechnik, Modul Zellkulturtechnik Vorlesung Metabolic Engineering und Modellierung Empfehlung:
Lernergebnisse	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, Vorlesung Zelllinienentwicklung • sind in die Lage, die Grundlagen der Entwicklung von eukaryontischen Produktionszelllinien für die Herstellung von Biopharmaka zu verstehen • sind vertraut mit Mechanismen Limitierung der molekularen Produktion in eukaryontischen Systemen • gewinnen einen Überblick über Möglichkeiten zum Engineering von Zelllinien zu Eliminierung von zellulären Engpässen während der zellulären Produktion Vorlesung Metabolic Engineering und Modellierung Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, • verstehen die Bedeutung mathematischer Modelle für die Beschreibung, Analyse und Optimierung biologischer Systeme auf unterschiedlichen Organisationsebenen. • kennen den Aufbau und die Eigenschaften metabolischer Netzwerke und können deren Struktur sowie

	Stoffwechselzusammenhänge interpretieren. • beherrschen die Grundlagen der Stoffflussanalyse (Flux Balance Analysis) und können einfache metabolische Netzwerke analysieren und bewerten. • verstehen grundlegende Strategien des Metabolic Engineering zur Optimierung mikrobieller Produktionsprozesse. • kennen verschiedene Modellierungsansätze biologischer Systeme und können zwischen stationären, dynamischen und mechanistischen Modellen unterscheiden. • besitzen grundlegende Kenntnisse der mathematischen Beschreibung biologischer Prozesse mittels gewöhnlicher Differentialgleichungen. • verstehen die Grundlagen der Pharmakokinetik und Pharmakodynamik sowie deren mathematische Modellierung. • kennen Anwendungsbeispiele mathematischer Modelle in Physiologie und Pathophysiologie und können deren Einsatzmöglichkeiten kritisch einordnen. • sind in der Lage, geeignete Modellierungsansätze für Fragestellungen aus Biotechnologie, Arzneimittelentwicklung und Medizin auszuwählen sowie deren Aussagekraft und Grenzen zu beurteilen.
Inhalt	In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt: Vorlesung Zelllinienentwicklung • Einführung in Zelllinien und industrielle Zellkultur: Was sind Zelllinien? Primärzellen vs. immortalisierte Zelllinien. Anwendungen in Biopharma, Zelltherapie, Forschung • Historische Entwicklung und wichtige Produktionszelllinien: Entwicklung industrieller Plattformen, Beispiele wie Chinese Hamster Ovary cells, HEK293 cells, Vero cells • Zellphysiologie und zellulärer Metabolismus: Wachstum, Energiehaushalt, Zellzyklus, Zusammenhang zwischen Stoffwechsel und Produktivität • Aufbau einer Zelllinienentwicklungsstrategie (Cell Line Development, CLD) Zieldefinition, Workflow von Transfektion bis Produktionsklon • Methoden des Gentransfers in Säugerzellen Transfektion, virale Systeme, stabile vs. transiente Expression • Genomische Integration und Expressionskontrolle Integrationsmechanismen, Promotoren, Enhancer, Genkopienzahl, Positionseffekte • Klonselektion und Hochdurchsatz-Screening Einzelzellisolierung, Screening auf Produktivität, Stabilität und Qualität • Zellengineering zur Steigerung der Produktivität Engineering von Wachstum, Sekretion, Apoptose, Stoffwechsel • Glykoengineering und Qualitätsattribute biologischer Produkte Einfluss der Zelle auf Glykosylierung, Produktqualität und Funktion • Omics und datengetriebene Zelllinienentwicklung Genomics, Transcriptomics, Proteomics, Metabolomics • Neue Technologien im Zellengineering CRISPR-basierte Ansätze, Single-Cell-Technologien, KI-

	gestützte Entwicklung • Fallstudien und industrielle Anwendungen Entwicklung einer Produktionszelllinie von der Idee bis zur Herstellung, Beispiele aus Antikörper-, Protein-, Vektor- oder Zelltherapieproduktion, Beispiele Zellengineering Vorlesung Metabolic Engineering und Modellierung • Einführung in die mathematische Modellierung biologischer Systeme • Modellierung biologischer Systeme auf unterschiedlichen Organisationsebenen (Zelle, Bioprozess, Organismus) • Aufbau und Analyse metabolischer Netzwerke • Grundlagen der Stoffflussanalyse (Flux Balance Analysis) • Strategien des Metabolic Engineering zur Optimierung mikrobieller Produktionsprozesse • Einführung in genomskalige Stoffwechselmodelle und deren biotechnologische Anwendungen • Einführung in kinetische Modelle und dynamische Prozessmodelle • Grundlagen der mathematischen Beschreibung biologischer Prozesse mittels Differentialgleichungen • Grundlagen der Pharmakokinetik (Absorption, Verteilung, Metabolismus und Elimination) • Grundlagen der Pharmakodynamik sowie PK/PD-Modellierung • Modellierung physiologischer und pathophysiologischer Prozesse anhand ausgewählter Anwendungsbeispiele • Anwendungen computergestützter Modellierung in Biotechnologie, Arzneimittelentwicklung und Medizin
Literatur	Vorlesung Zelllinienentwicklung • Skript zur Vorlesung • Aktuelle wissenschaftliche Artikel Vorlesung Metabolic Engineering und Modellierung • Systems Biology: Constraint-Based Reconstruction and Analysis. Cambridge University Press, Cambridge, 2015. ISBN 978-1-107-03116-7 • Rowland and Tozer's Clinical Pharmacokinetics and Pharmacodynamics: Concepts and Applications. 6th Edition. Wolters Kluwer, Philadelphia, 2023. ISBN 978-1-9751-8786-0 • Aktuelle wissenschaftliche Veröffentlichungen aus internationalen Fachzeitschriften
Lehr- und Lernformen	• Zelllinienentwicklung (V+S), 2 SWS, 3 LP • Metabolic Engineering und Modellierung (V), 2 SWS, 3 LP
Arbeitsaufwand	Vorlesung Zelllinienentwicklung Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h Vorlesung Metabolic Engineering und Modellierung Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h
Prüfungsform und Bewertung	Die Prüfungsleistung ist eine Klausur (60 Minuten) über das gesamte Modul.
Notenbildung	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.

Modul Pharmazeutische Grundlagen	
Code	(noch nicht bereitgestellt)
Leistungspunkte nach ECT	6
Präsenzzeit (SWS)	4
Unterrichtssprache	Deutsch
Dauer	1 Semester
Turnus	Jedes Semester
ModulkoordinatorIn	Prof. Dr. K. Zimmermann
DozentInnen	Dr. I. Presser (LB), Prof. Dr. C. Mavoungou, R. Rittersberger (LB), Prof. Dr. K. Zimmermann, Dr. F. Maigler (LB), Horvath (LB)
Einordnung in die Studiengänge	Medizinische Biotechnologie BSc, Pflichtmodul, 5. Fachsemester
Vorkenntnisse	Vorlesung Immunpharmakologie und Antikörper-Engineering Empfehlung: Immunbiologie, Zellbiologie, Molekularbiologie, Biochemie Vorlesung Pharmazeutische Technologie Empfehlung: Modul Grundlagen der Chemie, Modul Physik
Lernergebnisse	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, Vorlesung Immunpharmakologie und Antikörper-Engineering • wissen, auf welchen immunologischen Grundlagen moderne Immuntherapien und biopharmazeutische Arzneimittel beruhen und kennen die Anwendungsgebiete wichtiger immunpharmakologischer Arzneimittel. • erkennen Nutzen und Risiken immunmodulierender Therapien. • ordnen verschiedene immunpharmakologische Therapieansätze den zugrunde liegenden Krankheitsmechanismen zu. • sind in die Lage, die Grundlagen der angewandten Immunologie, der Immunpathologie und Interaktionen mit Biopharmaka zu erkennen und ihre modernen Anwendungen bei der Entwicklung von Antikörpern oder anderen Biopharmaka zu verstehen. • kennen aktuelle biotechnologische Tools für das rationale Antikörper-Design. • kennen die Prinzipien der Vakzinierung sowie die Wirkmechanismen der wichtigsten Immunsuppressiva und Immunstimulanzien. • Kennen Arzneimittel für neuartige Therapien (ATMPs, Advanced Therapy Medicinal Products) wie Zelltherapien oder onkolytische Viren Vorlesung Pharmazeutische Technologie • kennen die generellen Abläufe zur Herstellung verschiedener pharmazeutischer Darreichungsformen (Tablette, Kapsel, Lyophilisate, flüssige Arzneiformen und

	Aerosole). • Sind in der Lage, die Verwendung von Hilfsstoffen zu verstehen und anzuwenden. • kennen die relevanten Qualitätsanforderungen von (Bio)Pharmaka sowie verschiedene Prüfungen zur Qualität und Freigabe erkennen die Bedeutung von Packmitteln.
Inhalt	In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt: Vorlesung Immunpharmakologie und Antikörper-Engineering • aktive und passive Immunisierungen, Impfstoffentwicklung, therapeutische Antikörper, Immunogenität von Biopharmazeutika • Antikörperfragmente, Scaffolds und Fc-Fusionsproteine • Pharmakokinetik von Immunglobulin G und Halbwertszeitverlängerung • Fc- und Glycoengineering • Antibody-Drug-Conjugates • Antikörper-Generierung und Selektion: Phagen Display, synthetische Bibliotheken, Produktion in Tieren und polyklonale humane Antikörperprodukte • Bi-spezifische Formate, BiTEs und • Immunologische Therapie von Tumorerkrankungen: Checkpoint-Inhibitoren/Modulatoren CAR-T Zelltherapie und onkolytische Viren • Immunmodulation, Immunsuppression und Therapie der Entzündung, Organtransplantation sowie der Autoimmunität • Wachstumsfaktoren, Interferone und Zytokin-basierte Therapeutika sowie Therapie der rheumatischen Erkrankungen • Therapie der Allergie und Atopie, Kinase-Inhibitoren und Mastzell-Depletion • angewandte und klinische Beispiele von etablierten Antikörper- und Immuntherapien aber auch Risiken dieser Therapien Vorlesung Pharmazeutische Technologie • Einführung und Grundlagen der Biopharmazie • Flüssige Zubereitungen (Lösungen, Emulsionen, Suspensionen, Parenteralia) • Formulierungsentwicklung von Proteinen • Sterilisation und Wasserqualitäten • Gefriertrocknung • Inhalativa • Versuchsplanung, Datenauswertung und Statistik • Qualitätsanforderungen: Stabilität und Kompatibilitäten • Packmittel (Anforderungen und Besonderheiten) • Feste Zubereitungen I (Pulver, Granulate) • Feste Zubereitungen II (Tabletten, Kapseln, Überzüge) • Halbfeste Zubereitungen (Salben, Cremes, Gele)
Literatur	Vorlesung Immunpharmakologie und Antikörper-Engineering • Schütt/Bröcker: Grundwissen Immunologie • Abbas: Cellular and Molecular Immunology

	• Murphy: Janeway's Immunobiology • Aktuelle Publikationen aus dem Bereich Vorlesung Pharmazeutische Technologie • Lehrbuch der Pharmazeutischen Technologie; Kurt H. Bauer, Karl-Heinz Frömming, Claus Führer, ISBN: 978-3804722224, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft; 8. Auflage
Lehr- und Lernformen	• Immunpharmakologie und Antikörper-Engineering (V), 2 SWS, 3 LP • Pharmazeutische Technologie (V), 2 SWS, 3 LP
Arbeitsaufwand	Vorlesung Immunpharmakologie und Antikörper-Engineering Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h Vorlesung Pharmazeutische Technologie Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h
Prüfungsform und Bewertung	Die Prüfungsleistung besteht aus einer Modulklausur (60 Minuten) über die beiden Vorlesungen.
Notenbildung	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.

Modul Industrielle Prozesse und Analytik	
Code	(noch nicht bereitgestellt)
Leistungspunkte nach ECTS	6
Präsenzzeit (SWS)	5
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch
Dauer	1 Semester
Turnus	Jedes Semester
ModulkoordinatorIn	Prof. Dr. A. Schafmeister
DozentInnen	Prof. Dr. C. Schips, Prof. Dr.-Ing. A. Schafmeister
Einordnung in die Studiengänge	Medizinische Biotechnologie BSc, Pharmazeutische Biotechnologie BSc, Pflichtmodul, 4. Fachsemester
Vorkenntnisse	Vorlesung Chemische und Pharmazeutische Analytik Vorlesung und Übungen Allgemeine und Analytische Chemie Industrielle Exkursion und Vorlesung Anlagenbau Vorlesung Einführung in die pharmazeutische Biotechnologie, Vorlesung Einführung in die GMP / GLP, Modul Grundlagen der Verfahrenstechnik Studium generale entsprechend dem gewählten Kurs
Lernergebnisse	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, Vorlesung Chemische und Pharmazeutische Analytik • bekommen ein Verständnis für die Funktionsweise und

	einsatzgebiete von UV-Vis, IR-Spektroskopie, Raman Spektroskopie, Chromatographie und HPLC (inkl. MS-Kopplung) im pharmazeutisch-chemischen Umfeld • Lernen Messdaten aus Spektren zu interpretieren und zu erfassen (Bandenzuordnung, Peakzuordnung), um qualitative und quantitative Molekulinformationen zu bekommen • Verstehen die verschiedenen einsatzmöglichkeiten von HPLC Detektoren, wie UV-Vis-, DAD-, MS-Detektoren. Industrielle Exkursion und Vorlesung Anlagenbau • erwerben ein grundlegendes Verständnis für Aufbau, Planung und Betrieb pharmazeutischer und biotechnologischer Produktionsanlagen, • können verfahrenstechnische und organisatorische Anforderungen industrieller Anlagen einordnen und deren Bedeutung für Produktqualität und Prozesssicherheit bewerten • gewinnen durch die Exkursionen Einblicke in industrielle Praxisfelder und lernen potenzielle Tätigkeitsbereiche in Verfahrenstechnik, Anlagenbau, Produktion und Prozessentwicklung kennen Studium generale entsprechend dem gewählten Kurs
Inhalt	In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt: Vorlesung Chemische und Pharmazeutische Analytik • Grundlagen der instrumentellen Analytik (HPLC, UV-Vis, IR- und Raman-Spektroskopie) im pharmazeutisch-chemischen Umfeld • Einsatzmethoden der unterschiedlichen Verfahren zur Identitätsprüfung und quantitativen Gehaltsbestimmung sowie Einführung in moderne Kopplungstechnologien (LC-MS) im industriellen Umfeld • Anhand von Rohdaten werden Methoden des analytischen Troubleshootings (Fehlermustererkennung) und der Umgang mit Abweichungen (OOS) erarbeitet • Ergänzend werden praxisnahe Software-Tools und Simulatoren zur virtuellen Datenerfassung, Chromatogramm-Simulation und Peak-Interpretation eingesetzt Industrielle Exkursion und Vorlesung Anlagenbau • Grundlagen des pharmazeutischen und biotechnologischen Anlagenbaus • ausgewählte Aspekte der Planung und des Betriebs biopharmazeutischer Produktionsanlagen • Anhand von Fallstudien werden industrielle Anwendungen der Wirkstoffherstellung betrachtet • Ergänzend finden Exkursionen zu ausgewählten Unternehmen der Pharma- und Biotechnologiebranche, insbesondere in der Bioregion Ulm und Biberach statt, die Einblicke in moderne Produktionsanlagen und industrielle Prozesse ermöglichen Studium generale

	entsprechend dem gewählten Kurs
Literatur	Vorlesung Chemische und Pharmazeutische Analytik - Manfred H. Gey: Instrumentelle Analytik und Bioanalytik, Springer Spektrum 2021, zum Download: https://doi.org/10.1007/978-3-662-63952-8 Industrielle Exkursion und Vorlesung Anlagenbau - Eigene Skripte Studium generale entsprechend dem gewählten Kurs
Lehr- und Lernformen	- Chemische und Pharmazeutische Analytik (V), 1 SWS, 1 LP - Industrielle Exkursion und Anlagenbau (Exk.+V), 2 SWS, 3 LP - Studium generale, 2 SWS, 2 LP, unterschiedliche Lehrformen
Arbeitsaufwand	Vorlesung Chemische und Pharmazeutische Analytik Präsenzzeit: 11,25 h Selbststudium: 18,75 h Industrielle Exkursion und Anlagenbau Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h Studium generale Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 37,5 h
Prüfungsform und Bewertung	Die Prüfungsleistung dieses Moduls besteht aus einer Klausur zu den Vorlesungen Chemische und Pharmazeutische Analytik und Anlagenbau (60 Minuten). Im Studium generale finden in Abhängigkeit vom gewählten Kurs Prüfungen statt, diese können benotet oder unbenotet sein.
Notenbildung	Die Modulnote ergibt sich aus dem anhand der Leistungspunkte gewichteten Mittelwert der Ergebnisse der benoteten Teilmodulprüfungen. Unbenotete Teilprüfungen gehen in die Bildung der Modulnote nicht ein.

Modul Gentherapie	
Code	(noch nicht bereitgestellt)
Leistungspunkte nach ECTS	6
Präsenzzeit (SWS)	4
Unterrichtssprache	Deutsch
Dauer	1 Semester
Turnus	Jedes Semester
ModulkoordinatorIn	Prof. Dr. A. Ghanem
DozentInnen	Prof. Dr. A. Ghanem
Einordnung in die	Medizinische Biotechnologie BSc, Pflichtmodul,

Studiengänge	5. Fachsemester
Vorkenntnisse	Seminar Virale Vektoren & ATMP Produktionstechniken Praktika Upstream- und Downstream Processing, Vorlesungen Zellbiologie, Immunbiologie Vorlesung Virologie und Gentherapie Empfehlung: Mikrobiologie, Zellbiologie, Molekularbiologie
Lernergebnisse	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, Seminar Virale Vektoren & ATMP Produktionstechniken • verstehen die biologischen Grundlagen und Mechanismen viraler Vektoren. • haben Kenntnisse über verschiedene Typen viraler Vektoren und deren spezifische Anwendungen in der Gentherapie. • haben Kenntnisse über Optimierung von Produktionstechniken für virale Vektoren. • verstehen die regulatorischen und sicherheitsrelevanten Aspekte der Verwendung viraler Vektoren. Vorlesung Virologie und Gentherapie • haben detaillierte Kenntnisse über virale Lebenszyklen und Replikationsstrategien, sowie vertiefte Kenntnisse zur Interaktion von Viren und ihren Wirtszellen. kennen pathogenetische Prozesse und besitzen fundiertes Wissen über gängige Diagnostik, Impfungen und moderne Therapieoptionen.
Inhalt	In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt: Seminar Virale Vektoren & ATMP Produktionstechniken • Einführung in virale Vektoren: Definitionen, Eigenschaften und Anwendungen • Typen viraler Vektoren: Retroviren, Lentiviren, Adenoviren, Adeno-assoziierte Viren (AAV) • Mechanismen der Genübertragung und Genexpression durch virale Vektoren • Produktionstechniken für virale Vektoren: Zellkulturen, Transfektion, Virusvermehrung • Optimierung der Virusproduktion und -reinigung • Anwendungen in der Gentherapie: Behandlung genetischer Erkrankungen, Krebsimmuntherapie, Impfstoffentwicklung • Sicherheits- und regulatorische Aspekte: Risikobewertung, GMP (Good Manufacturing Practice), Zulassungsverfahren • Fallstudien und aktuelle Entwicklungen im Bereich viraler Vektoren Vorlesung Virologie • Geschichte der Virologie, Definition „Virus“ • Virustaxonomie und Aufbau, Baltimore-Klassifikation • Virale Lebenszyklen (Entry, Assembly, Budding) • Virale Genome und Replikationsmechanismen • Virologische Methoden (Charakterisierung und Quantifizierung), Methoden der Virusdiagnostik • Grundlagen der viralen Pathogenese, wichtige humanpathogene Viren

	• Wirtsfaktoren und deren Rolle in der viralen Genomreplikation • Moderne Therapie- und Prävention-Optionen • Impfkonzeppte • Konzeption viraler Vektoren: Retroviren, Lentiviren, Adenoviren, Adeno-assoziierte Viren (AAV) • Produktionstechniken für virale Vektoren: Zellkulturen, Transfektion, Virusvermehrung • Optimierung der Virusproduktion und -reinigung • Anwendungen in der Gentherapie: Behandlung genetischer Erkrankungen, Beispiele • Onkolytische Viren: Funktionsweise und Beispiele • Sicherheits- und regulatorische Aspekte: Risikobewertung, GMP (Good Manufacturing Practice), Zulassungsverfahren
Literatur	Seminar Virale Vektoren & ATMP Produktionstechniken • Lehrbuch: "Viral Vectors for Gene Therapy: Methods and Protocols" von Curtis A. Machida • "Gene Therapy: Principles and Applications" von Thomas A. Kren und Marc G. Rothschild • Aktuelle Forschungsartikel und Reviews aus Fachzeitschriften • Online-Ressourcen und Datenbanken, wie PubMed und ScienceDirect Vorlesung Virologie und Gentherapie • Principles of Virology, Volume 1: Molecular Biology, 5th Edition, Theodora Hatzioannou, Jane Flint, Vincent R. Racaniello, Glenn F. Rall, Anna Marie Skalka , ISBN: 978-1-683-67284-5, November 2020, ASM Press • Fields Virology Volume 4: Fundamentals, <u>Peter M.; Knipe, David M. Howley</u>, Wolters Kluwer Health, Oktober 2023, ISBN-13: 9781975112516 • Aktuelle Forschungsartikel und Reviews aus Fachzeitschriften
Lehr- und Lernformen	Virale Vektoren & Produktionstechniken (S), 2 SWS, 3 LP Virologie (V), 2 SWS, 3 LP
Arbeitsaufwand	Seminar Virale Vektoren & Produktionstechniken Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h Vorlesung Virologie Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h
Prüfungsform und Bewertung	Die Prüfungsleistung ist eine Klausur (60 Minuten) über das gesamte Modul. Prüfungsvorleistungen sind in diesem Modul nicht gefordert.
Notenbildung	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.

Modul Zelltherapie	
Code	(noch nicht bereitgestellt)
Leistungspunkte nach ECTS	6

Präsenzzeit (SWS)	4
Unterrichtssprache	Deutsch
Dauer	1 Semester
Turnus	Jedes Semester
ModulkoordinatorIn	Prof. Dr. A. Ghanem
DozentInnen	N.N.
Einordnung in die Studiengänge	Medizinische Biotechnologie BSc, Pflichtmodul, 5. Fachsemester
Vorkenntnisse	Vorlesung Zelltherapie und Stammzellen Vorlesungen Zellbiologie, Molekularbiologie, Molekulare Medizin, Krankheitsmechanismen Vorlesung und Übung Zukunftsorientierte Technologien Praktika Upstream- und Downstream Processing, Vorlesungen Zellbiologie, Immunbiologie
Lernergebnisse	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, Vorlesung Zelltherapie und Stammzellen • verstehen die grundlegenden Konzepte der Zelltherapie, sowie den biologischen Eigenschaften und Mechanismen von Stammzellen und weiteren therapeutischen Zellen. • haben Kenntnisse über Anwendungen der regenerativen Medizin deren spezifische medizinische Anwendungen. • haben Kenntnisse zur Herstellung von Zelltherapieprodukten, deren Verabreichung, sowie präklinische und klinische Entwicklung. • verstehen die ethischen, rechtlichen und sozialen Aspekte der Zelltherapie. Vorlesung und Übung Zukunftsorientierte Technologien • verstehen die Grundlagen zukunftsorientierter Technologie wie mRNA oder Genomeditierung als Therapie, • haben Kenntnisse über Anwendungen der künstlichen Intelligenz, • verstehen regulatorische und ethische Aspekte der Technologien, • haben Kenntnisse zur praktischen Anwendung einzelner Technologien
Inhalt	Vorlesung Zelltherapie und Stammzellen • Einführung in die Zelltherapie: Definition und Anwendungsbereiche der Zelltherapie, historische Entwicklung und wichtige Meilensteine, Klassifikation in autologe und allogene Therapien, Überblick über aktuelle klinische Anwendungen. • Stammzellbiologie: Typen von Stammzellen wie embryonale, adulte, mesenchymale Stammzellen sowie induzierte pluripotente Stammzellen (iPSCs), Mechanismen der Selbsterneuerung und Differenzierung, Stammzell-Nische und deren Regulation, Techniken zur Isolierung, Kultivierung und Expansion von Stammzellen. • Immunzellbasierte Therapien: Überblick über das Immunsystem in Bezug auf therapeutische Anwendungen,

	Grundlagen, Entwicklung und klinische Anwendung der CAR-T-Zelltherapie, NK-Zelltherapie, dendritische Zellvakzine. • Anwendungen in der regenerativen Medizin: Gewebeengineering und Organregeneration, Einsatz von Stammzellen zur Reparatur geschädigter Gewebe wie Herz, Nerven oder Bewegungsapparat, klinische Studien und zugelassene Therapien. • Herstellung von Zelltherapieprodukten: GMP-Standards für die Zellproduktion, Bioreaktoren und Expansionssysteme, Kryokonservierung und Logistik von Zellprodukten. • Verabreichungsmethoden und Biodistribution: Applikationswege wie intravenös, intramuskulär oder lokale Injektion, Mechanismen des Homings und der Engraftierung, Überwachung des Zellschicksals in vivo. • Präklinische und klinische Entwicklung: Studiendesign in der Zelltherapie, regulatorische Anforderungen etwa von EMA oder FDA, Risikobewertung und Sicherheitsprüfungen. • Ethik, Regulierung und Gesellschaft: Ethische Fragestellungen in der Stammzellforschung und -therapie, regulatorische Rahmenbedingungen wie die Klassifikation als ATMP, gesellschaftliche Implikationen und Zugang zu Therapien. • Fallbeispiele und aktuelle Entwicklungen: Zugelassene Therapien wie Holoclar oder Kymriah, Pipeline von Zelltherapien in klinischen Studien, zukünftige Trends und Innovationen wie geneditierte Zellen oder personalisierte Therapie. Vorlesung und Übung Zukunftsorientierte Technologien • Nukleinsäurebasierte Therapien: mRNA-Therapeutika (Design und Verabreichung von mRNA, Anwendungen wie Impfstoffe, Proteinersatztherapien, Krebsimmuntherapie; Stabilität, Modifikation und Verkapselung z. B. in Lipid-Nanopartikeln), siRNA und Antisense-Oligonukleotide (ASOs) (Mechanismen der Genstilllegung, von der FDA zugelassene Beispiele wie Onpattro) • Genom-Editierungstechnologien: CRISPR/Cas-Systeme (Mechanismen von CRISPR/Cas9, Cas12 und Cas13; therapeutische Anwendungen bei genetischen Erkrankungen und Krebs; Off-Target-Effekte und Sicherheitsaspekte), Next-Generation-Editing-Tools (Baseneditoren und Prime Editing, epigenetische Editierung) • Künstliche Intelligenz & computergestützte Werkzeuge in der Biomedizin: KI-gestützte Wirkstoffentwicklung und Diagnostik, digitale Zwillinge und Systembiologie, prädiktive Modellierung für personalisierte Medizin • Regulatorische, ethische und gesellschaftliche Aspekte: Ethische Fragestellungen bei Genomeditierung und KI (Biosicherheitsbedenken, öffentliche Wahrnehmung und Zugang zu Hightech-Therapien) • Fallstudien & klinische Entwicklungen: mRNA-Impfstoffe gegen COVID-19, CRISPR-Therapie bei Sichelzellanämie (z. B. Casgevy), Durchbrüche im Gewebe-
--	--

	Engineering, First-in-Human-Studien neuartiger Plattformtechnologien • Praktische Übungen zu ausgewählten Themen
Literatur	Vorlesung Zelltherapie und Stammzellen • Lehrbuch: "Stammzellen" von Khawaja Haider, 2023 • Lehrbuch: "Cell Therapy" von Adrian Gee, 2022 • Aktuelle Forschungsartikel und Reviews aus Fachzeitschriften • Online-Ressourcen und Datenbanken, wie PubMed und ScienceDirect Vorlesung und Übung zukunftsorientierte Technologien • Aktuelle Forschungsartikel und Reviews aus Fachzeitschriften • Online-Ressourcen und Datenbanken, wie PubMed und ScienceDirect
Lehr- und Lernformen	Zukunftsorientierte Technologien (V+P), 2 SWS, 3 LP, Zelltherapie und Stammzellen (V+S), 2 SWS, 3 LP
Arbeitsaufwand	Vorlesung Zelltherapie und Stammzellen Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h Vorlesung und Übung Zukunftsorientierte Technologien Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h
Prüfungsform und Bewertung	Die Prüfungsleistung ist eine schriftliche Ausarbeitung über das gesamte Modul. Prüfungsvorleistungen sind in diesem Modul nicht gefordert.
Notenbildung	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.

Modul Upstream Processing and Engineering	
Code	(noch nicht bereitgestellt)
Leistungspunkte nach ECTS	6
Präsenzzeit (SWS)	4
Unterrichtssprache	Englisch
Dauer	1 Semester
Turnus	Jedes Semester
ModulkoordinatorIn	Prof. Dr. S. Ebert
DozentInnen	Prof. Dr. S. Ebert
Einordnung in die Studiengänge	Medizinische Biotechnologie BSc, Pflichtmodul, 4. Fachsemester
Vorkenntnisse	Vorlesung und Praktikum Upstream Processing Lehrveranstaltungen zu den Themen: Umgang mit Differentialgleichungen, Bioverfahrenstechnik, Molekular- und Mikrobiologie und/oder Zellkultur
Lernergebnisse	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben,

	• Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, • können die verschiedenen Kultivierungsstrategien für pro- und eukaryontische Systeme im Bioreaktor erläutern. • beschreiben grundlegende mathematische (z.B. einfache Wachstums- und ODE Modelle) sowie zentrale Elemente des Upstream Processing. • wenden einfache Wachstums- und Bilanzmodelle zur überschlägigen Beschreibung und Auslegung von Bioprozessen an. • entwickeln skalierbare Kultivierungsprozesse, welche an die Gegebenheiten des Kultivierungsprozess angepasst sind. • reflektieren bioprosesstechnische Entscheidungen im Hinblick auf Produktqualität, Wirtschaftlichkeit und regulatorische Anforderungen. • besitzen einen Überblick über wichtige mikrobiologische und eukaryontische Produktionsverfahren/-prozesse und Produktionsstämme/-zelllinien. • kennen die Grundlagen von GMP.
Inhalt	In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt: Vorlesung Upstream Processing • Einführung in die Prozessentwicklung • Überblick: Schritte, Zielgrößen und typische Herausforderungen der Bioprozessentwicklung • Zellfabriken: Produktionsorganismen, Zellkulturgrundlagen, Auswahl- und Bewertungskriterien • Medienentwicklung: Nährmedien, Komponentenoptimierung, Einfluss auf Produktivität • Grundlagen der Statistischen Versuchsplanung (Design of Experiments, DOE) • Wachstumsmodelle: Monod-Kinetik, Wachstumsphasen, Anwendung in der Kultivierung von Zellen • Prozessstrategien: Batch-, Fed-Batch- und kontinuierliche Prozesse, Perfusion • Bilanzen: Stoff- und Massenbilanzen als Grundlage der Prozessauslegung • Ökonomische Aspekte und Scale Up in den industriellen Maßstab Praktikum Upstream Processing • Vorbereiten und Inbetriebnahme eines Bioreaktors • Umgang und Erstellung von Arbeitsanweisungen und Protokollen in Anlehnung an GMP-Richtlinien • Seed Train einer Produktionszelllinie • Inokulation des Produktionsbioreaktors und Kultivierung unter kontrollierten Bedingungen • Transiente Transfektion der Zellen mit erforderlichen Plasmiden • AAV Produktion während der Kultivierungsphase • Ernte der Kultur • Klärung des Lysats durch Zentrifugation und Filtration • Relevante Analytik zur Prozessbeurteilung • Auswertung des Herstellungsprozesses • Zusammenfassung der nach GMP-Richtlinien erstellten Protokolle in einem Herstellungsprotokoll

Literatur	Vorlesung und Praktikum Upstream Processing • H. Chmiel: Bioprozesstechnik, 2011; Springer Spektrum; DOI 10.1007/978-3-8274-2477-8; ISBN 978-3-8274-2476-1; Auflage 3 • V. C. Hass & R. Pörtner: Praxis der Bioprozesstechnik mit virtuellem Praktikum, 2011; Springer Spektrum; ISBN 978-3-8274-2828-8; Auflage 2 • W. Storhas: Bioverfahrensentwicklung, 2013; Wiley-VCH; ISBN 978-3-527-32899-4; Auflage 2 • R. Takors: Kommentierte Formelsammlung Bioverfahrenstechnik, 2014; Springer Spektrum; DOI 10.1007/978-3-642-41903-4; ISBN 978-3-642-41902-7; Auflage 1 • Villadsen, John/ Nielsen, Jens/ Lidén, Gunnar (2011): Bioreaction Engineering Principles. 3. Auflage. New York, Springer. ISBN 978-1-4419-9687-9.
Lehr- und Lernformen	• Upstream Processing (V), 2 SWS, 3 LP • Praktikum Upstream Processing (P), 2 SWS, 3 LP
Arbeitsaufwand	Vorlesung Upstream Processing Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h Praktikum Upstream Processing Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h
Prüfungsform und Bewertung	Die Prüfungsleistung ist eine Klausur (60 Minuten) über das gesamte Modul. Zu dieser schriftlichen Prüfung werden nur Studierende zugelassen, die die Prüfungsvorleistung Praktikum „Upstream Processing“ (sA, Protokolle) erfolgreich absolviert haben.
Notenbildung	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.

Modul Downstream Processing	
Code	(noch nicht bereitgestellt)
Leistungspunkte nach ECTS	6
Präsenzzeit (SWS)	4
Unterrichtssprache	Englisch
Dauer	1 Semester
Turnus	Jedes Semester
ModulkoordinatorIn	Prof. Dr. S. Ebert
DozentInnen	Prof. Dr. S. Ebert
Einordnung in die Studiengänge	Medizinische Biotechnologie BSc, Pflichtmodul, 4. Fachsemester
Vorkenntnisse	Vorlesung und Praktikum Downstream Processing Lehrveranstaltungen zu den Themen: Verfahrenstechnik, Proteinbiochemie, allgemeine Bioanalytik
Lernergebnisse	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben,

	• haben Grundkenntnisse im Bereich der DSP-Prozessauslegung und Prozessoptimierung und sind in der Lage, Prozessauswertungen und Bilanzierungen selbstständig durchzuführen. • haben eine Übersicht über Methoden, die bei der Aufarbeitung von biopharmazeutischen Wirkstoffen wie Proteinen, Plasmiden oder viralen Vektoren im Prozessmaßstab zum Einsatz kommen. • sind mit den relevanten Methoden der Analytik zur Charakterisierung der Produktqualität eines Biopharmazeutikums vertraut. • kennen Anforderungen der biopharmazeutischen Herstellung nach GMP.
Inhalt	In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt: Vorlesung Downstream Processing • Übersicht über Prozessdesign und Reinigungsmethoden • Chromatographische Grundlagen • Chromatographie-Arten: IEX, SEC, HIC, AC, MM • SMA Modell und Modellierungssoftware (CADET) • Kontinuierliche Chromatographie, Radialchromatographie • Chromatographiematerialien: Resins, Monolithe, Membranadsorber • Filtrationstechniken: Ultrafiltration, Diafiltration, Querstromfiltration, Tiefenfiltration, Virusfiltration • Zellernte, Zellaufschluss, Zentrifugationstechniken • Weitere Aufreinigungstechniken: Wässrige Mehrphasensysteme, Kristallisation • Sicherheitsaspekte und Qualitätsparameter • Skalierbarkeit der Prozessschritte und Prozessdesign Praktikum Downstream Processing • Reinigung des im USP Praktikum hergestellten AAV mittels IEX zur Abtrennung gefüllter und leerer Kapside • Prozessrelevante Analytik zur Bestimmung von vg-Titer, Full/Empty und theoretische Methoden zur Bestimmung von Capsidtitern, HCP, hcDNA, Potenz • Auswertung des Herstellungsprozesses
Literatur	Vorlesung und Praktikum Downstream Processing • Desai, Mohamed A. [Hrsg.]: Downstream processing of proteins: methods and protocols, Humana Press, 2000; ISBN 0-89603-564-6 • Scopes, Robert K. [Hrsg.]: Protein Purification- Principles and Practice, Springer, 1994, ISBN-13: 978-1441928337 • Gottschalk, Uwe [Hrsg.]: Process Scale Purification of Antibodies, Wiley, 2026, ISBN-13: 978-1394278541 • Jungbauer, Alois and Giorgio Carta: Protein Chromatographie: Process Development and Scale-Up, Wiley-VCH, 2020, ISBN-13 : 978-3527346660 • Handbücher zur Reinigung von Biomolekülen von Cytiva (GE Healthcare) (über ILIAS der HBC als pdf verfügbar)
Lehr- und Lernformen	• Downstream Processing (V), 2 SWS, 3 LP • Downstream Processing (P), 2 SWS, 3 LP

Arbeitsaufwand	Vorlesung Downstream Processing Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h Praktikum Downstream Processing Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h
Prüfungsform und Bewertung	Die Prüfungsleistung ist eine Klausur (60 Minuten) über das gesamte Modul. Zu dieser schriftlichen Prüfung werden nur Studierende zugelassen, die die Prüfungsvorleistung „Praktikum Downstream Processing“ (sA) erfolgreich bestanden haben.
Notenbildung	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.

Modul Biometrie und Drug Delivery	
Code	(noch nicht bereitgestellt)
Leistungspunkte nach ECTS	6
Präsenzzeit (SWS)	4
Unterrichtssprache	Deutsch
Dauer	1 Semester
Turnus	Jedes Semester
ModulkoordinatorIn	Prof. Dr. O. Peters-Hädicke
DozentInnen	Prof. Dr. O. Peters-Hädicke, NN
Einordnung in die Studiengänge	Medizinische Biotechnologie BSc, Pflichtmodul, 5. Fachsemester
Vorkenntnisse	Vorlesung und Übungen Biometrie/Epidemiologie Empfehlung: Gentherapie, Zelltherapie, Gentechnik, Humangenetik Vorlesung Drug Delivery und Small Molecule Drugs Empfehlung: Grundlagen der Chemie, Physiologie und Pathophysiologie, Zellkulturtechnik, Molekulare Medizin, Grundlagen der Chemie
Lernergebnisse	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, Vorlesung und Übungen Biometrie/Epidemiologie - verstehen die grundlegenden Konzepte der Biometrie und genetischen Epidemiologie. - sind fähig, biometrische Methoden zur Analyse genetischer Daten anzuwenden. - erlangen Kenntnisse über die Planung, Durchführung und Auswertung epidemiologischer Studien. - sind zur Interpretation und Kommunikation der Ergebnisse genetischer und epidemiologischer Untersuchungen fähig. Vorlesung Drug Delivery und Small Molecule Drugs - verstehen die grundlegenden Konzepte und Herausforderungen der Arzneimittelabgabe.

	• haben Kenntnisse über verschiedene Drug-Delivery-Systeme und deren Anwendungen. • sind zur Auswahl geeigneter Methoden zur Wirkstoffabgabe basierend auf therapeutischen Zielen und pharmakokinetischen Eigenschaften fähig. • verstehen die technologischen Innovationen und zukünftigen Entwicklungen im Bereich Drug Delivery. • haben einen Überblick über die Identifizierung, Synthese, Charakterisierung der biologischen Aktivität von small molecules. • kennen die wichtigsten Molekülklassen.
Inhalt	In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt: Vorlesung und Übungen Biometrie/Epidemiologie • Einführung in die Biometrie: Definition und Anwendungsgebiete • grundlegende statistische Konzepte und Methoden • Genetische Epidemiologie: Prinzipien und Anwendungen • Methoden zur Quantifizierung genetischer Einflüsse: Heritabilität, Genotyp-Phänotyp-Assoziationen • Studiendesigns in der genetischen Epidemiologie: Fall-Kontroll-Studien, Kohortenstudien, Zwillingsstudien • statistische Methoden zur Analyse genetischer Daten: lineare und logistische Regression, Überlebenszeitanalysen • Einführung in moderne genetische Analyseverfahren: Genome-Wide Association Studies (GWAS), Next-Generation Sequencing (NGS) • ethische und soziale Implikationen der genetischen Epidemiologie Vorlesung Drug Delivery und Small Molecule Drugs • Grundlagen der Arzneimittelabgabe: Definitionen, Ziele und Herausforderungen • Pharmakokinetik und Pharmakodynamik: Absorption, Verteilung, Metabolismus und Ausscheidung von Arzneimitteln • klassische und moderne Drug-Delivery-Systeme: orale, transdermale, inhalative und parenterale Systeme • Nanotechnologie und Drug Delivery: Nanopartikel, Liposomen, dendritische Polymere • Targeted Drug Delivery: Liganden-vermittelte Abgabe, Antikörper-Drug-Konjugate • kontrollierte und verlängerte Wirkstofffreisetzung: Matrixtabletten, Mikro- und Nanokapseln • Herausforderungen bei der Entwicklung und Herstellung von Drug-Delivery-Systemen • klinische Anwendungen und Fallstudien: Krebstherapie, neurologische Erkrankungen, Infektionskrankheiten • Zukunftstrends und Innovationen im Bereich Drug Delivery • Identifizierung, Synthese, Produktion von kleinen chemischen Molekülen (small molecules) • Small molecule Bibliotheken und Screeningmethoden • wichtigste Klassen von small molecules inklusive naturbasierte Komponenten und Metabolite • Assayentwicklung und Charakterisierung biologischer

	Aktivität
Literatur	Vorlesung und Übungen Biometrie/Epidemiologie • Lehrbuch: "Statistical Methods in Genetic Epidemiology" von Duncan C. Thomas • "Introduction to Statistical Genetics" von Melinda C. Mills und Nicola Barban • "Essential Medical Statistics, 3rd Edition, Wiley-Blackwell" • Aktuelle Forschungsartikel und Reviews aus Fachzeitschriften • Online-Ressourcen und Datenbanken, wie PubMed und ScienceDirect Vorlesung Drug Delivery und Small Molecule Drugs • Y.Pierre, T. Rades, "Pharmaceutics – Drug Delivery and Targeting", Pharmaceutical Press 2012, IBN 978-0857110596 • Aktuelle Forschungsartikel und Reviews aus Fachzeitschriften • Online-Ressourcen und Datenbanken, wie PubMed und ScienceDirect • Small Molecule Drug Discovery: Methods, Molecules and Applications, Andrea Trabocchi, Elena Lenci, Elsevier 2019, ISBN-10: 0128183497
Lehr- und Lernformen	Biometrie/Epidemiologie (V+Ü), 2 SWS, 3 LP Drug Delivery und Small Molecule Drugs (V), 2 SWS, 3 LP
Arbeitsaufwand	Vorlesung und Übungen Biometrie/Epidemiologie Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h Vorlesung Drug Delivery und Small Molecule Drugs Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h
Prüfungsform und Bewertung	Die Prüfungsleistung besteht aus zwei Teilen. Eine Klausur zu den Vorlesungen „Biometrie/Epidemiologie“ und „Drug Delivery und Small Molecule Drugs“ (60 Minuten).
Notenbildung	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.

Module im 3. Studienabschnitt (6. - 7. Semester)

Modul Praktisches Studiensemester (Praxissemester)	
Code	(noch nicht bereitgestellt)
Leistungspunkte nach ECTS	30
Präsenzzeit (SWS)	Industriepraktikum mit mindestens 95 Präsenztagen (Arbeitstagen)
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch
Dauer	1 Semester
Turnus	Jedes Semester
ModulkoordinatorIn	Prof. Dr.-Ing. A. Schafmeister (Praktikantenamtsleitung)
DozentInnen	Unterschiedliche Professor*innen der Fakultät Biotechnologie
Einordnung in die Studiengänge	Pharmazeutische Biotechnologie BSc, Medizinische Biotechnologie BSc, Pflichtmodul, 6. Fachsemester
Vorkenntnisse	Praktikum /Praxissemester Empfehlung: Praktika und Vorlesungen aus den ersten zwei Studienabschnitten
Lernergebnisse	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, Praktikum /Praxissemester • sind in der Lage, praktische und wissenschaftliche Fragestellung aus ihrem Tätigkeitsbereich selbstständig zu bearbeiten, sowie geeignete Methoden zur Lösung auszuwählen und anzuwenden. • können Aufgabenstellungen unter industriellen oder wissenschaftlichen Rahmenbedingungen planen, durchführen und dokumentieren, sowie erzielte Ergebnisse kritisch bewerten. • erwerben darüber hinaus Einblicke in berufliche Tätigkeitsfelder der pharmazeutischen und medizinischen Biotechnologie und entwickeln ein vertieftes Verständnis für die Anforderungen der beruflichen Praxis. Kolloquium zum Praktikum können ihre Erkenntnisse, Erfahrungen und den Inhalt ihres fachlichen Praxissemesters hochschulöffentlich präsentieren und diskutieren. Seminar Begleitende Lehrveranstaltungen zum Praxissemester • kennen die organisatorischen und fachlichen Anforderungen des Praxissemesters • können ihre Praxisphase zielgerichtet planen • sind in der Lage, eine geeignete Praktikumsstelle auszuwählen und sich auf Bewerbungsschreiben, Berufseinstiegsprozesse vorzubereiten • gewinnen Einblicke in unterschiedliche Berufsfelder und Arbeitsgebiete durch Teilnahme an Jobmessen sowie an Abschlusspräsentationen höherer Semester
Inhalt	In diesem Modul werden folgende Inhalte vermittelt:

	Praktikum (Praxissemester) • Das Praxissemester wird in einem Industrieunternehmen, einer Forschungseinrichtung oder einer vergleichbaren Institution durchgeführt. • Die Studierenden bearbeiten unter fachlicher Anleitung, praxisrelevante Aufgabenstellungen aus typischen Tätigkeitsfeldern, der pharmazeutischen und medizinischen Biotechnologie. • Sie lernen betriebliche Abläufe, technische Prozesse sowie wissenschaftliche und organisatorische Arbeitsweisen kennen. Kolloquium zum Praktikum 10-minütige Präsentation über die wichtigsten Ergebnisse und Erkenntnisse des Praxissemesters, die im Anschluss 5 Minuten diskutiert werden. Dieses Kolloquium findet gemeinsam mit dem Kolloquium zur Bachelorarbeit am Ende des 7. Semesters statt. Seminar Begleitende Lehrveranstaltungen zum Praxissemester • Im Rahmen der begleitenden Lehrveranstaltung werden die Studierenden in einer Informationsveranstaltung auf das Praxissemester vorbereitet und werden begleitet, dessen Durchführung zu planen. • behandelt werden organisatorische und rechtliche Rahmenbedingungen, Anforderungen an Praktikumsstelle, Praxissemesterbericht und Dokumentation ihrer Tätigkeiten • fördert den Austausch mit regionalen Unternehmen sowie die berufliche Orientierung in der pharmazeutischen Industrie durch hochschulinterne Karriereveranstaltungen (Jobmesse) und Präsentationen zu Abschlussarbeiten höherer Semester
Literatur	Abhängig vom Thema der Praxissemesterarbeit
Lehr- und Lernformen	Praktikum/Praxissemester (P), 26 LP Kolloquium zum Praktikum, 2 LP Begleitende Lehrveranstaltung (S), 1 SWS, 2 LP
Arbeitsaufwand	Praktikum / Praxissemester Präsenzzeit: mindestens 95 Arbeitstage Selbststudium: 780 h Kolloquium zum Praktikum Präsenzzeit: 10 Minuten Präsentation plus 5 Minuten Diskussion Selbststudium: 59,75 h Seminar Begleitende Lehrveranstaltung zum Praxissemester Präsenzzeit: 11,25 h Selbststudium: 48,75 h
Prüfungsform und Bewertung	Prüfungsleistungen sind eine benotete schriftliche Ausarbeitung (SA) in Form eines Praktikumsbericht mit maximal 20 Seiten Umfang im Hauptteil und das Kolloquium zum Praktikum als unbenotete mündliche Prüfung (mP).
Notenbildung	Die Modulnote ergibt sich aus den nach Leistungspunkten gewichteten einzelnen Prüfungsleistungen.

Modul Qualitätsmanagement und Rechtsgrundlagen	
Code	(noch nicht bereitgestellt)
Leistungspunkte nach ECTS	6
Präsenzzeit (SWS)	4
Unterrichtssprache	Deutsch
Dauer	1 Semester
Turnus	Jedes Semester
ModulkoordinatorIn*in	Prof. Dr. C. Mavoungou-Pfäffle
DozentInnen	Prof. Dr. C. Mavoungou, Dipl.-Ing. F. Ehrlich (LB)
Einordnung in die Studiengänge	Medizinische Biotechnologie BSc, Pharmazeutische Biotechnologie BSc, Pflichtmodul, 7. Fachsemester
Vorkenntnisse	• Empfehlung: Seminar GMP/GLP
Lernergebnisse	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, Vorlesung Qualitätsmanagement • sind in der Lage, Qualifizierungs- und Validierungsunterlagen zu erstellen und zu beurteilen. • sind in der Lage, Qualifizierungs- und Validierungsunterlagen zu erstellen und zu beurteilen. • sind in der Lage entsprechende Dokumentationsunterlagen zu beurteilen. • sind vertraut mit den theoretischen Grundlagen des Qualitätsmanagements und können die Verbindungen zwischen Qualitätsmanagement und GCP/GMP/GQP/GLP/ GVP/GRP ziehen. • haben einen Überblick über die Unterschiede der Qualitätsmanagementsysteme in den USA, Japan und der EU sowie weitere über MRA assoziierte Partner. • können deren Auswirkungen auf eine Produktion in Deutschland einschätzen. Vorlesung Qualitätssicherung • erhalten einen Überblick über relevante Normen, Methoden und Werkzeuge der Qualitätssicherung • lernen alle relevanten Tätigkeiten der Qualitätssicherung entlang der Wertschöpfungskette gemäß den DIN-ISO-Normen und GMP-Richtlinien kennen. • erlernen wesentliche Instrumente zur Umsetzung von Qualitätsanforderungen gemäß den ICH-Richtlinien und GMP-Anhängen. • kennen die Grundlagen des Qualitätsrisikomanagement, der Statistik im Zusammenhang mit Lean-Six Sigma • ordnen QS-Werkzeuge entsprechend des 8D-Schemas systematisch ein Vorlesung Validierung, Arzneimittel- und Gentechnikrecht • kennen die rechtlichen Grundlagen des Arzneimittelrechts und Gentechnikrechts. • verstehen den Aufbau der rechtlichen Grundlagen und besitzen die Fähigkeit, die für eine Fragestellung relevanten Rechtsgrundlagen zu finden und ihre Komplexität und Bezüge

	zu erkennen. • sind in der Lage, einfache arzneimittelrechtliche und gentechnikrechtliche Fragestellungen zu beantworten
Inhalt	In diesem Modul werden folgende fachliche Inhalte vermittelt: Vorlesung Qualitätsmanagement • Einführung ins Qualitätsmanagement: Qualitätsmanagement nach DIN EN ISO 9001 und weitere Qualitätsmanagementsysteme/ QM-Strategien und QM-Modelle: Modellvorstellungen zu betrieblichem Management als Basis für das Qualitätsmanagement • Umfassendes Qualitätsmanagement (Total Quality Management (TQM)) entsprechend • Das pharmazeutische Qualitätssystem - PQM-Strukturen Qualität und Arzneimittelrecht: Umsetzung in Pharmabetrieben, Organisation und Verantwortlichkeiten/ Tätigkeitsbegriffe zum Qualitätsmanagement • Behördenorganisationen: Aufgabe und Verantwortungsbereiche • QM-Richtlinien / QM-Instrumente/ Produktlebenszyklusformate und Änderungsmanagement/ Änderungskontrolle • Ansätze und Bedeutung der Risikoanalyse im Qualitätsmanagement • Qualität und Kostenstruktur • Der Ringversuch als Messmittelfähigkeitsuntersuchung/ Normierte Qualitätsbeurteilung • Der Qualitätsmanagementkreis • Qualitätsmanagement, Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle in GMP kontrolliertem Umfeld Vorlesung Qualitätssicherung: • Management und Qualitätsmanagement • Einführung: Qualität – Grundsätze und gemeinsames Verständnis, Anforderungen an Produkten, an Prozessen und Verfahren in Betrieben (interne und externe Spezifikationen) • Qualitätssicherung gemäß in den USA, in der EU, in Japan und in anderen MRA assoziierten Länder/ Partnern • Qualitätskontrollwerkzeuge in der Qualitätssicherung • Technische Vereinbarungen zur Sicherung der Qualität • Prüfkonzpte und Instrumente der Qualitätskontrolle • Einsatz von KI in der Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle • QS-Aufgaben bei der Herstellung von Arzneimitteln biologischen Ursprungs gemäß den GxP-Richtlinien, • Systematische Reklamationsbearbeitung unter Anwendung von QS-Werkzeugen Vorlesung Validierung, Arzneimittel- und Gentechnikrecht Teil I, Gentechnikrecht • Historie • Überblick • Das Gentechnikgesetz (GenTG) • Einzelvorschriften • Verordnungen

	Teil II, Arzneimittelrecht/Validierung • Historie und Überblick • Abgrenzungen (insb. Medizinprodukte, Lebensmittel) • Einzelvorschriften • Herstellungserlaubnis • Verantwortliche nach AMG • Zulassungspflicht für Arzneimittel • Klinische Prüfungen/Anwendungsbeobachtungen (GCPVO) • Haftung • Validierung, Qualifizierung, Verifizierung • Good Manufacturing Practice • AMNOG (Arzneimittelmarktneuordnungsgesetz) - Überblick, Ziele und Auswirkungen • Der Gemeinsamer Bundesausschuss (GBA) - Aufgaben, Ziele und Auswirkung auf die Arzneimittelversorgung
Literatur	Vorlesung Qualitätssicherung Quality Consideration for Continuous Manufacturing, https://www.fda.gov/media/121314/download Data integrity and Compliance with drug - cGMP, https://www.fda.gov/media/119267/download Contract Manufacturing Arrangement for drugs, https://www.fda.gov/media/86193/download ICH Q7, GMP for API, https://database.ich.org/sites/default/files/Q7%20Guideline.pdf ICH Q8, Pharmaceutical development, https://database.ich.org/sites/default/files/Q8%28R2%29%20Guideline.pdf ICH Q9, Quality risk management, https://database.ich.org/sites/default/files/Q9%20Guideline.pdf ICH Q10, Pharmaceutical Quality System, https://database.ich.org/sites/default/files/Q10%20Guideline.pdf ICH Q11, Development and Manufacturing of Drug substances (Chemical entities, biotechnological/ biological entities), https://database.ich.org/sites/default/files/Q11%20Guideline.pdf ICHQ12 Guidelines, https://database.ich.org/sites/default/files/Q12_Guideline_Step4_2019_1119.pdf ICH, Q12, https://database.ich.org/sites/default/files/Q12_Annexes_Step4_2019_1119.pdf Vorlesung Internationales Qualitätsmanagement Grundlagen und Elemente des Qualitätsmanagements: Systeme-Perspektiven, Walter Geiger, Willi Kotte, 2007, ISBN 3834802735, 9783834802736 Die pharmazeutische Industrie. Veröffentlichungen über sämtliche Aspekte der Herstellung und des Vertriebs pharmazeutischer Erzeugnisse. Deutschland: Editio Cantor Verlag, ISSN 0031-711X Vorlesung Validierung, Arzneimittel- und Gentechnikrecht GentG und Verordnungen, Deutsches Gentechnikrecht: Textsammlung mit Einführung, pharmind serie dokumentation, broschiert, Horst Hasskarl, 2007, Eberbach / Lange / Ronellenfisch (Hrsg.), <u>Recht der Gentechnik und Biomedizin</u>, EG-Recht, Gesetze, Verordnungen, Formulare, ZKBS-

	Empfehlungen, Beschlüsse des LAG, Richtlinien, Empfehlungen, Gesetzestext Loseblattwerk mit 109. Aktualisierg 2020, C.F. Müller Arzneimittelrecht/Validierung AMG-Gesetzestext, AMWHV (Arzneimittel- und Wirkstoffherstellungs-Verordnung), Hügel / Mecking / Kohm: Pharmazeutische Gesetzeskunde, DAV Verlag Stuttgart, 35. Aufl. 2013, <u>Kügel / Müller Arzneimittelgesetz: AMG 2.</u> <u>Auflage 2016</u> , Buch, Kommentar, 978-3-406-67177-7
Lehr- und Lernformen	Qualitätssicherung (V), 2 SWS, 3 LP Qualitätsmanagement (V), 2 SWS, 3 LP Validierung, Arzneimittel- und Gentechnikrecht (V), 2 SWS, 3 LP
Arbeitsaufwand	Vorlesung Qualitätssicherung Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h Vorlesung Qualitätsmanagement Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h Vorlesung Validierung, Arzneimittel- und Gentechnikrecht Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h
Prüfungsform und Bewertung	Die Prüfungsleistung ist eine Klausur (90 Minuten) über das gesamte Modul.
Notenbildung	Die Modulnote entspricht dem Ergebnis der Prüfungsleistung.

Modul Wahlpflichtfächer	
Code	(noch nicht bereitgestellt)
Leistungspunkte nach ECTS	6
Präsenzzeit (SWS)	4
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch
Dauer	1 Semester
Turnus	In Abhängigkeit von der Nachfrage und dem notwendigen Angebot
ModulkoordinatorIn	Professor*innen der Fakultät und LB
DozentInnen	Professor*innen der Fakultät und LB
Einordnung in die Studiengänge	Medizinische Biotechnologie BSc, Pflichtmodul, 7. Fachsemester
Vorkenntnisse	Inhaltlich: Empfehlung: Module des 2. Studienabschnittes
Lernergebnisse	Entsprechend der gewählten Wahlpflichtfächer
Inhalt	- Mess- und Regeltechnik (V), 2 SWS, 3 LP - Steril- und Reinraumtechnik (V+S), 2 SWS, 3 LP - Ausgewählte Themen moderner Biotechnologie (S), 2 SWS, 3 LP

	• Prozessentwicklung und Prozessoptimierung (V), 2 SWS, 3 LP • Analytische Chemie & Proteinbiochemie (V+S), 2 SWS, 3 LP • Praktikum Chemische Analytik & Proteinanalytik (P), 2 SWS, 3 LP
Literatur	Entsprechend der gewählten Wahlpflichtfächer
Lehr- und Lernformen	Entsprechend der gewählten Wahlpflichtfächer
Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 22,5 h Selbststudium: 67,5 h
Prüfungsform und Bewertung	Entsprechend der gewählten Wahlpflichtfächer
Notenbildung	Die Modulnote entspricht dem nach Leistungspunkten gemittelten Ergebnis der Prüfungsleistungen

Modul Bachelor-Arbeit	
Code	(noch nicht bereitgestellt)
Leistungspunkte nach ECTS	12
Präsenzzeit (SWS)	Bachelorarbeit (Praktikum)
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch
Dauer	1 Semester
Turnus	Jedes Semester
ModulkoordinatorIn	Betreuende Professur
DozentInnen	Unterschiedliche
Einordnung in die Studiengänge	Pharmazeutische Biotechnologie BSc, Pflichtmodul, 7. Fachsemester
Vorkenntnisse	Bachelor-Arbeit Praxissemester mit schriftlicher Ausarbeitung Kolloquium zur Bachelor-Arbeit Vorpraktikum - Wissenschaftliches Arbeiten
Lernergebnisse	Studierende, die dieses Modul erfolgreich absolviert haben, Bachelor-Arbeit • sind in der Lage wissenschaftliche Fragestellungen, die in einem Industrieunternehmen, einer Forschungseinrichtung oder an der Hochschule Biberach anfallen, durch Auswahl geeigneter Methoden, detailliert zu planen und durchzuführen und die notwendigen Experimente selbständig zu bearbeiten. Kolloquium zur Bachelor-Arbeit • können ihre Bachelorarbeit öffentlich präsentieren und diskutieren. In der Diskussion mit den Zuhörern soll dabei die Validität der erzielten Ergebnisse anhand belegbarer Daten verteidigt werden.
Inhalt	Abhängig von dem Thema der Bachelorarbeit

Literatur	Abhängig von dem Thema der Bachelorarbeit
Lehr- und Lernformen	Bachelor-Arbeit (SA) mit Kolloquium (mP), 12 LP
Arbeitsaufwand	Bachelor-Arbeit Präsenzzeit: 360 h Kolloquium zur Bachelor-Arbeit Präsenzzeit: 20 min Präsentation plus 10 min Diskussion
Prüfungsform und Bewertung	In diesem Modul finden zwei Prüfungsleistungen statt. Die „Bachelor-Arbeit“ erfordert eine schriftliche Ausarbeitung, sowie das „Kolloquium zur Bachelor-Arbeit“ eine mündliche Prüfung.
Notenbildung	Die Modulnote errechnet sich aus den arithmetischen Mittel der Noten für das Kolloquium zur Bachelorarbeit und der Note der Bachelorarbeit.

Anhang

Abkürzungsverzeichnis

ECTS	European Credit Transfer System
LP	Leistungspunkt
h	Stunden
K	Klausur
LB	Lehrbeauftragte
P	Praktikum
PL	Prüfungsleistung
PVL	Prüfungsvorleistung
R	Referat
S	Seminar
sA	schriftliche Ausarbeitung
SWS	Semesterwochenstunden
Ü	(praktische) Übung
V	Vorlesung
VP	Vertretungsprofessur