



**UNIVERSITÄT
HEIDELBERG**
ZUKUNFT
SEIT 1386

Fakultät für Chemie und Geowissenschaften &

Max Planck School Matter to Life

Modulhandbuch

Matter to Life, Master of Science, M.Sc.

Zur Prüfungsordnung vom 15.01.2019

Einführungsdatum:	Wintersemester 2019/2020
Regelstudienzeit:	4 Semester
Anzahl der Leistungspunkte:	120 LP
Anzahl Studienplätze:	10
Studienform:	Vollzeit
Masterstudiengang:	Konsekutiv, interdisziplinär
Sprache:	Englisch

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	- 2 -
Motivation.....	- 3 -
Besonderheiten des Studiengangs.....	- 5 -
Multidisziplinäre Lehre.....	- 5 -
Qualifikationsziele und Überblick über den Studiengang	- 5 -
Präambel: Qualifikationsziele der Universität Heidelberg	- 5 -
Qualifikationsziele des Masterstudiengangs Matter to Life	- 6 -
Curriculum <i>Matter to Life</i> an der Universität Heidelberg	- 7 -
mit dem Schwerpunkt Molecular Systems Chemistry and Engineering	- 7 -
Studienverlaufsplan.....	- 8 -
Modulbeschreibungen.....	- 8 -
Pflichtmodule	- 8 -
Wahlpflichtmodule	- 21 -

hat gelö

Motivation

Lebende Organismen, egal ob es sich dabei um Zellen, Organe oder gar ganze Menschen und Tiere handelt, bestehen aus einem System fein aufeinander abgestimmter interagierender Komponenten. Die Bandbreite was ihre Größe und Komplexität angeht, reicht von Molekülen über Organe, Gewebe, Knochen bis zum Nervensystem. Ein Organismus ist eine komplexe Maschine, die Treibstoff verbrennt (und dabei freie Energie generiert), um dem thermodynamischen Gleichgewicht zu entkommen, bei dem keine treibenden Kräfte existieren und Energie und Entropiebedingungen für ΔG ausgeglichen sind (d. h. dem Tod). Eine Dampflokomotive verbrennt Kohle (Chemie) um einen Kolben anzutreiben, der seine Energie in Bewegung umsetzt (Physik). Hängt man ein paar Wagen dran und legt Schienen, schon hat man ein System, das Arbeit verrichten kann, indem es Ladung und Passagiere befördert.

Doch wie könnte man so ein System ohne einen Bauplan replizieren?

Dazu müsste man das ganze System Schritt für Schritt bis zur kleinsten Komponente auseinandernehmen, um die Funktion der Teile und ihrer Materialzusammensetzung zu verstehen, mit anderen Worten, umgekehrt entwickeln (reverse engineering) Wenn man den Bauplan und die Funktion der einzelnen Bauelemente verstanden hat, kann das Original repliziert oder sogar noch verbessert werden.

Derselbe “reverse engineering”-Ansatz wird routinemäßig bei Zellen, Gewebe, Organen, Knochen und dem Nervensystem angewandt: Die biomedizinische Forschung versucht die Funktion der Komponenten eines lebenden Organismus zu verstehen, um Strategien zur Reparatur zu entwickeln, damit nicht das ganze System zusammenbricht nur weil ein Bauteil versagt. Um Funktionen und Mechanismen vom Standpunkt eines Ingenieurs aus zu verstehen, muss das System quantitativ auf allen maßgeblichen Längenskalen analysiert werden - von der makroskopischen über die mesoskopische bis zur molekularen Ebene - und mittels Theorie und Modellierung beschrieben werden. So ein “von-oben-nach-unten“-Ansatz ist notwendig zur Aufklärung und Quantifizierung der komplexen Interaktionen, um schließlich einen technischen Konstruktionsplan zu erhalten.

Die Max-Planck-Schule **MATTER to LIFE** möchte dabei mehr als nur die Bausteine zum Konstruieren von Leben identifizieren und analysieren. Die Schule fördert freies Denken und multidisziplinäre Kollaboration. Sie wird eine neue Generation von Wissenschaftlern heranziehen und sie befähigen folgende Fragen zu erklären:

- Was genau ist Leben?**
- Wie kann Leben quantitativ beschrieben werden?**
- Wie können lebensähnliche Systeme gebaut werden?**

Dazu werden die Studierenden von einer außergewöhnlichen Gruppe von Wissenschaftlern und Lehrern intensiv betreut und erhalten Zugang zu den modernsten Instrumenten auf dem Gebiet des “reverse engineering” lebender Systeme. Die Studierenden lernen wie man sie bedient, wie man die Daten interpretiert und die Informationen extrahiert, die man für eine Blaupause des Lebens braucht.

Das Curriculum ist daher so gestaltet, dass herkömmliche historisch gewachsene Abgrenzungen zwischen den Disziplinen überwunden werden. Es behandelt die Wurzeln des Lebens in Chemie und Physik, die die Grundlage zum Verständnis des Lebens bilden und die Instrumente für die Entwicklung lebensähnlicher Prozesse liefern.

Besonderheiten des Studiengangs

Studierende dieses Studiengangs sind in die Max Planck School Matter to Life eingebunden. Diese vereint international etablierte Wissenschaftler ortsübergreifend, zu einer wissenschaftlichen Thematik und bietet den Studierenden ein forschungsnahes Studium mit individuellem Mentoring, vielfältigen Laborplätzen in einer interdisziplinären Community.

Die geringe Anzahl an Studienplätzen stellt dabei ein optimales Verhältnis von Studierenden zu Dozenten sicher und ermöglicht eine individuelle und auf die Interessen und Bedürfnisse des Studierenden zugeschnittene und personalisierte Betreuung.

Im Matter to Life Studiengang wird die Lehre im Modell des „**inverted classroom**“ angewandt: Die Studierenden erarbeiten sich dabei zuerst selbst die Vorlesungsinhalte basierend auf den zur Verfügung gestellten Lehrmaterialien. Dies geschieht asynchron, ortsunabhängig, selbstgesteuert, im eigenen Lerntempo und individuell. In der anschließenden Präsenzveranstaltung werden Probleme und offene Fragen besprochen und das Wissen im aktiven Plenum durch gemeinsames Lösen von fachspezifischen Aufgaben oder Fragestellungen vertieft.

Multidisziplinäre Lehre

Im Studiengang Matter to Life mit dem Schwerpunkt Molecular Systems Chemistry and Engineering erhält der Studierende eine multidisziplinäre Ausbildung, die - zusätzlich zu einer fundierten chemischen Ausbildung - Inhalte der Physik, Molekulare Systeme und Engineering sowie Life Sciences integriert. Um diese Interdisziplinarität zu gewährleisten wird sich der Schwerpunkt des Master Programms *Matter to Life* auf folgende wissenschaftliche Themen fokussieren:

- Physikalische Grundlagenchemie des Lebens
- Das Verständnis der Chemie und Physik des Lebens
- Quantitative Analyse des Lebens
- Hierarchische Zusammenstellungen von molekularen und nanoskopischen Einheiten als Grundlage lebensähnlicher Materialien.

Qualifikationsziele und Überblick über den Studiengang

Präambel: Qualifikationsziele der Universität Heidelberg

Anknüpfend an ihr Leitbild und ihre Grundordnung verfolgt die Universität Heidelberg in ihren Studiengängen fachliche, fachübergreifende und berufsfeldbezogene Ziele in der umfassenden akademischen Bildung und für eine spätere berufliche Tätigkeit ihrer Studierenden. Das daraus folgende Kompetenzprofil wird als ein für alle Disziplinen gültiges Qualifikationsprofil in den Modulhandbüchern aufgenommen und in den spezifischen Qualifikationszielen sowie den Curricula und Modulen der einzelnen Studiengänge umgesetzt:

- Entwicklung von fachlichen Kompetenzen mit ausgeprägter Forschungsorientierung;
- Entwicklung transdisziplinärer Dialogkompetenz;
- Entwicklung von personalen und Sozialkompetenzen;
- Förderung der Bereitschaft zur Wahrnehmung gesellschaftlicher Verantwortung auf Grundlage der erworbenen Kompetenzen.

Qualifikationsziele des Masterstudiengangs Matter to Life

Der Masterstudiengang ist stark forschungsorientiert und bestärkt Studierende im eigenständigen Denken und Lernen. Er baut auf unterschiedlichen Erfahrungen im Bachelorstudiengang auf und befasst sich mit interdisziplinären naturwissenschaftlichen Fragestellungen.

Absolventinnen und Absolventen des Masterstudiengangs Matter to Life verfügen über ein vertieftes Fachwissen im Bereich der chemisch-physikalischen Grundlagen des Lebens und können anspruchsvolle Probleme und Aufgabenstellungen in diesem interdisziplinären Bereich wissenschaftlich beschreiben, analysieren, bewerten und erfolgreich lösen. Sie sind in der Lage, experimentelle oder theoretische Untersuchungen zu planen, eigenständig durchzuführen sowie die Ergebnisse wissenschaftlich zu dokumentieren, interpretieren und überzeugend darzustellen.

Die Absolventen und Absolventinnen des Masterstudiengangs Matter to Life haben als Ausbildungsziel die Qualifizierung für eine forschungsnaher berufliche Tätigkeit in interdisziplinären, innovativen naturwissenschaftlichen Bereichen. Sie sind in der Lage, wissenschaftliche Kenntnisse zur Formulierung und Lösung komplexer Problemstellungen und Aufgaben in Universitäten und andere Forschungseinrichtungen sowie der Industrie einzubringen und haben Erfahrung darin, ihre Expertise in einem multidisziplinären Umfeld zu kommunizieren. Sie sind in der Lage, sich in neue Themengebiete und den Umgang mit modernen, wissenschaftlichen Gerätschaften einzuarbeiten.

Sie sind ebenfalls in der Lage, lebensähnliche molekulare Systeme und Materialien zu konstruieren und theoretisch zu beschreiben und besitzen die Fähigkeit zur Verwendung chemisch-physikalischer Grundsätze zur Beschreibung des Verhaltens komplexer Materialien.

Sie besitzen ein tiefgehendes Verständnis für Anwendungen, Verbindungen, Materialien und Verfahren in chemisch-biologischen Kontexten, kennen dabei auftretende Grenzen und Gefahren und können ihr Wissen unter Berücksichtigung sicherheitstechnischer, ökologischer, ethischer und ökonomischer Erfordernisse verantwortungsbewusst anwenden. Sie können in der Gesellschaft aktiv den Meinungsbildungsprozess in Bezug auf wissenschaftliche Fragestellungen gestalten und können eigene Forschungsergebnisse und komplexe Sachverhalte in Englisch schriftlich und mündlich präsentieren.

Absolventinnen und Absolventen des Masterstudiengangs Matter to Life besitzen die wissenschaftliche Qualifikation für eine Promotion in der Max Planck School Matter to Life (besser /gleich Note 2).

Curriculum *Matter to Life* an der Universität Heidelberg
mit dem Schwerpunkt Molecular Systems Chemistry and Engineering

Pflichtmodule (100 LP)

Modulname	Kursname	Bezeichnung	LV	SWS	Empf. Sem.	LP
Physikalische Grundlagenchemie des Lebens	Physikalische Chemie des Lebens	MtL_PCL_1	Vorlesung	3	1	4
	Datenwissenschaften & Simulationen	MtL_PCL_2	Vorlesung mit Computer Praktikum	3	1	4
Quantitative Analyse der Chemie des Lebens	Quantitative Analyse	MtL_QAL_1	Vorlesung mit Praktikum	2	1	2
	Synthetische Chemie	MtL_QAL_2	Vorlesung	4	1	6
Physik komplexer Systeme und Biophysik des Lebens	Physik komplexer Systeme	MtL_CPL_1	Vorlesung mit Übungsgruppe	6	1	6
	Synthetische Biology	MtL_CPL_2	Vorlesung	2	1	5
¹ Ethik in der Synthetischen Biologie	Ethik in der Synthetischen Biologie	MtL_ESB	Vorlesung	2	1	3
Mündliche Abschlussprüfung	Mündliche Abschlussprüfung	MtL_MP	Masterprüfung	-	2	10
Lab-Rotation	Lab-Rotation	MtL_LR	Forschungspraktikum	-	3	30
Masterarbeit	Masterarbeit	MtL_MA	Masterarbeit	-	4	30

Wahlpflichtmodule (20 LP)

An der Universität Heidelberg bieten wir Wahlpflichtmodule im Bereich Molecular Systems Chemistry und Molecular Systems Engineering an. Diese beinhalten die folgenden Kurse:

Modulname	Kursname	Bezeichnung	LV	SWS	Empf. Sem.	LP
Molecular Systems Chemistry (MtL_MSC)	Makromolekulare Strukturen und Funktionen	MtL_MSC_1	Vorlesung mit Praktikum	4	2	5
	Chemische Biologie	MtL_MSC_2	Vorlesung mit Praktikum	2	2	4
	Biokonjugation & Imaging Chemistry	MtL_MSC_3	Vorlesung	2	2	3

¹ Dies ist ein isoliertes Modul, mit nur 3 LP, zur Förderung der Bereitschaft gesellschaftliche Verantwortung über die eigenen Fachgrenzen hinaus wahrzunehmen und lässt sich inhaltlich nicht sinnvoll mit anderen Modulen zusammenziehen. Ethische Diskussionen werden im Rahmen der Summer Schools und des Graduiertenprogramms der Max Planck School Matter to Life vertieft. Im Rahmen des Masterprogramms werden nur die Grundlagen für solche Diskussionen gelegt.

Molecular Systems Engineering (MtL_MSE)	Genom Engineering	MtL_MSE_1	Vorlesung mit Praktikum	2	2	4
	Synthetische Zellen & Virologie	MtL_MSE_2	Vorlesung mit Praktikum	2	2	4

Begründung für kumulative Prüfungen:

Die Module (MtL_PCL, MtL_QAL, MtL_CPL, MtL_MSC und MtL_MSE) in Matter to Life umfassen mehrere Vorlesungen, die sich einem Kernthema in Matter to Life aus verschiedenen Richtungen nähern. Für die Studierenden hat dies den Vorteil, dass schon durch die Modulstruktur der gemeinsame inhaltliche Kern dargestellt wird und es so den Studierenden erleichtert, die Ziele der einzelnen Vorlesungen aus makroskopischer Perspektive zu sehen. Zudem wird jede Vorlesung mit einer Klausur abgeschlossen, was den Studierenden die Lernbelastung besser einschätzen lässt und eine homogener verteilte Prüfungsbelastung schafft.

Im Masterstudiengang Matter to Life werden in den verschiedenen Lehrveranstaltungen vorwiegend folgende Lehr- und Lernformen verwendet:

Vorlesung: Vortrag der Lehrenden, Vor- und Nachbereitung durch Selbststudium.

Vorlesungen im inverted Classroom:

Stoffarbeit im Selbststudium und angeleitete Vertiefung und Anwendung des Stoffes durch den Lehrenden in der Präsenzveranstaltung

Übung/Tutorium: Selbststudium, Bearbeiten von Übungsblättern, aktive Fragen und Diskussionen

Praktikum: Durchführung und Auswertung von Laborversuchen, Verfassen von Versuchsprotokollen

Studienverlaufsplan

1. Semester	2. Semester	3. Semester	4. Semester
MtL_PCL (8 LP)	MtL_MSC (12 LP)	MtL_LR (30 LP) MtL_MA (30 LP)	
MtL_QAL (8 LP)	MtL_MSE (8 LP)		
MtL_CPL (11 LP)	MtL_MP (10 LP)		
MtL_ESB (3 LP)			
30 LP	30 LP	30 LP	30 LP

Modulbeschreibungen

Pflichtmodule

Modul MtL_PCL: Physikalische Grundlagenchemie des Lebens

beinhaltet Physikalische Chemie des Lebens (MtL_PCL_1, 4 LP) und Datawissenschaften & Simulationen (MtL_PCL_2, 4 LP).

Studien- und Prüfungsleistungen, Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten	Bestehen der schriftlichen Prüfungen der einzelnen Vorlesungen.
Berechnung der Modulnote	Die Note des Moduls ergibt sich aus den gewichteten und gemittelten schriftlichen Prüfungen der einzelnen Vorlesungen dieses Moduls.

Vorlesung mit Computer Praktikum MtL_PCL_1: Physikalische Chemie (4 LP)

Inhalt	Der Kurs vermittelt Kenntnisse der physikalischen Chemie im Zusammenhang mit biologischen Systemen. Er bietet eine Einführung in fortgeschrittene Themen der physikalischen Chemie des Lebens: biochemische Thermodynamik, makromolekulare Strukturen und Grenzflächenchemie. Der Kurs wird Aspekte der Physikalischen Chemie synthetischer und natürlicher Makromoleküle beinhalten. Besondere Aufmerksamkeit wird auf die Kinetik von synthetischen Polymerisationsreaktionen und Biopolymersynthese gelegt, sowie auf inter- und intramolekulare Wechselwirkungen zwischen Makromolekülen, deren molekulare Einzelheiten und biologische Auswirkungen erörtert werden. Im Hinblick auf Grenzflächen besteht ein wesentlicher Aspekt dieses Kurses darin, die Bedeutung von Grenzflächenprozessen in der Chemie und im Verhältnis zu chemischer Verfahrenstechnik, Zellbiologie, Werkstoffwissenschaft und der Physik zu veranschaulichen. Methoden der Oberflächenmodifizierung, einschließlich spezifischer Funktionalisierung und Strategien zur Strukturierung mit Schwerpunkt auf Selbstorganisationsprozesse werden vorgestellt. Außerdem wird die Charakterisierung und die Rolle möglicher intermolekularer Kräfte bei Grenzflächenwechselwirkungen behandelt. Alle bereits vorgestellten Konzepte werden in einem ausführlichen Diskurs über beispielhafte biologische Grenzflächen, wie etwa Lipidvesikeln mit Schwerpunkt auf ihre morphologische Komplexität, verbunden.
Lernziele und Kompetenzen	Nach dem erfolgreich bestandenem Modul haben die Studenten ein grundsätzliches Verständnis von fortgeschrittener Physikalischer Chemie im Zusammenhang mit biologischen Systemen erlangt und sind in der Lage, die Konzepte makromolekularer Strukturen und der Grenzflächenchemie zu beschreiben. Darüber hinaus können sie Konzepte und Methoden der Physikalischen Chemie nutzen, um mögliche Forschungsexperimente zur Behandlung von fachübergreifenden Forschungsfragen im Kontext von MtL vorzuschlagen.
Voraussetzungen für die Teilnahme	keine
Lehrform	Teilweise im Inverted Class Room

Verwendbarkeit des Moduls	Matter to Life (Master)
Turnus des Angebots	Jährlich im Wintersemester
Arbeitsaufwand	4 LP (120 Stunden): wöchentlich 4 Stunden Vorbereitung, 4 Stunden Präsenzveranstaltung und 2h Nachbearbeitung + Vorbereitung zur Prüfung
Dauer des Moduls	8 Wochen
Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
Vorbereitende Literatur	Wird angekündigt

Vorlesung mit Computer Praktikum Mtl_PCL_2: Datenwissenschaften & Simulationen (4 LP)

Inhalt	<p>Der Kurs behandelt computergestützte Methoden zur Lösung biologischer Fragestellungen und zur Steuerung des Designs synthetischer lebensähnlicher Systeme auf verschiedenen Skalen. Die Methoden umfassen physikalisch basierte Ansätze wie z. B. auf Teilchen basierende atomistische und mesoskopische Simulationen sowie Techniken der datengesteuerten Bioinformatik und des maschinellen Lernens. Zu den physikalisch basierten Ansätzen zählen neueste Fortschritte bei Monte Carlo-, Molekulardynamik- und Brownsche Dynamik-Simulationen sowie kinetisches Modellieren.</p> <p>Der Kurs lehrt datengesteuerte Techniken zur Analyse der nächsten Generation von Sequenzierexperimenten, inklusive Transkriptom- und Einzelzellanalyse. Außerdem werden Ansätze in der Computervision für die Analyse biologischer Bilddaten vorgestellt. Den übergreifenden Schwerpunkt bilden dabei die mehrskaligen Ansätze, die die molekulare mit der mesoskopischen und schließlich der makroskopischen Skala überbrücken.</p> <p>Die Themen richten sich nach Beispielen aus aktuellen Forschungsfortschritten und Herausforderungen aus der neuesten Literatur oder der Forschung der Lehrenden. Bei jedem Thema, das als Fallstudie dient und sich mit einer spezifischen Untergruppe von Computertechniken beschäftigt, werden die relevanten physikalischen, chemischen oder mathematischen Grundlagen diskutiert. Erklärende Unterlagen zur Fallstudie, zum relevanten Hintergrund sowie ein Code oder Softwarebeispiel werden vor dem Unterricht verteilt. Praktische Anwendungen in einem Computerlabor ergänzen die Vorlesungen. Im praktischen Teil werden, je nach Komplexität der computergestützten Methode, (Pseudo-) Codebeispiele im Kurs entwickelt oder durch kritische Komponenten ergänzt. Auch wird in praktischen Übungen wissenschaftliche Software zur Lösung des Problems der Fallstudie eingesetzt. Die Bandbreite und mögliche Tücken der angewandten Methoden werden kritisch hinterfragt.</p>
--------	--

Lernziele und Kompetenzen	Nach Abschluss des Kurses können die Studierenden adäquate Computertechniken auswählen und entsprechende Computermodelle und Algorithmen auf komplexe biologische Fragestellungen anwenden und den jeweiligen Validitätsbereich einschätzen.
Voraussetzungen für die Teilnahme	Teilnahme an MtL_PCL_1
Lehrform	Teilweise im Inverted Class Room mit Computer Praktikum
Verwendbarkeit des Moduls	Matter to Life (Master)
Turnus des Angebots	Jährlich im Wintersemester
Arbeitsaufwand	4LP (120 Stunden): wöchentlich 4 Stunden Vorbereitung, 4 Stunden Präsenzveranstaltung und 2h Nachbearbeitung + Vorbereitung zur Prüfung
Dauer des Moduls	8 Wochen
Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
Vorbereitende Literatur	Wird angekündigt

Modul MtL_QAL: Quantitative Analyse des Lebens

beinhaltet die Vorlesungen mit Praktikas Methoden der Quantitative Analyse (MtL_QAL_1, 2 LP) und Synthetische Chemie (MtL_QAL_2, 6 LP).

Studien- und Prüfungsleistungen, Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten	Bestehen der schriftlichen Prüfungen der einzelnen Vorlesungen.
Berechnung der Modulnote	Die Note des Moduls ergibt sich aus den gewichteten und gemittelten schriftlichen Prüfungen der einzelnen Vorlesungen dieses Moduls.

Vorlesung mit Praktikum MtL_QAL_1: Methoden der Quantitative Analyse (2 LP)

Inhalt	<p>Der Kurs behandelt moderne analytische Methoden zur Untersuchung molekularer Mechanismen lebendiger Systeme. Die Wichtigkeit Methoden zur Abdeckung aller Größenskalen des Untersuchungsobjektes (von der Molekularebene bis Mesoskopische Ebene) zu kombinieren um Forschungshypothesen zu validieren wird anhand von Beispielen aus der neueren Literatur veranschaulicht. Die Notwendigkeit reproduzierbare und statistisch signifikante Datensätze zu kreieren wird hervorgehoben und im Kontext früherer und aktueller relevanter Literatur diskutiert.</p> <p>Anhand von Diskussionen über den Einsatz von hochauflösender optischer Mikroskopie (z. B. STED Mikroskopie) und Elektronenmikroskopie für die Untersuchung biologischer Systeme erlangen die Studierenden ein detailliertes Verständnis der komplementären Nutzung, sowie der Vor- und Nachteile, des Einsatzes von Licht und Elektronen zur Erforschung biologischer Systeme.</p> <p>Die analytischen Möglichkeiten durchstimmbarer energiereicher Strahlungsquellen (Synchrotronstrahlung und Röntgenlaser), welche Bildgebungsverfahren mit spektroskopischen Methoden zur Analyse der chemischen Zusammensetzung kombinieren, werden vorgestellt. Ein wichtiger Aspekt wird die Erkennung und Vermeidung von Artefakten und Schäden bei der Probenvorbereitung und durch energiereiche Strahlung sein. Massen- und NMR-Spektrometer werden gemeinsam von je einem Dozenten der physikalischen und der synthetischen Chemie unterrichtet, um Studierenden aufzuzeigen wo sich Disziplinen überschneiden.</p> <p>Als physikalische Phänomene sind Beugung und Streuung die grundlegenden Prinzipien der physikalischen Optik und somit relevant für Wechselwirkungen zwischen akustischen und elektromagnetischen Wellen mit Molekülen und Partikeln. Die physikalischen Grundlagen dieser Phänomene werden gelehrt und das Wissen über grundlegende und moderne Beugungs- und Streuungstechnologien in Praktikumsversuchen vertieft.</p>
--------	--

	<p>Das Modul wird außerdem den theoretischen Hintergrund sowie Methoden zur Messung der Dynamik und Kinetik biomolekularer Reaktionen und zeitabhängiger Prozesse in lebenden Systemen behandeln. Die Funktionsweise von Lasern und ihre besondere Rolle in der modernen biologischen Forschung werden vorgestellt. Verschiedene Laserspektroskopie- und Streuungstechnologien werden theoretisch diskutiert und praktisch demonstriert, wobei ein Fokus auf zeitabhängige Prozesse gelegt wird.</p> <p>Die Methoden und die zugrunde liegende Theorie der Messung schneller und langsamer Kinetiken in biomolekularen Reaktionen werden anhand von Beispielen aus der Literatur diskutiert. Wir werden die formale kinetische Beschreibung schneller chemischer und biomolekularer Reaktionen (Enzymkinetik) sowie die statistischen Werkzeuge für die Untersuchung von Diffusions- und Konvektionsversuchsdaten und die experimentelle Umsetzung kinetischer Messungen von Stopped-Flow bis hin zu Pump-Probe-Experimenten behandeln. Auch hier wird die Notwendigkeit reproduzierbare und statistisch signifikante Datensätze zu kreieren und Ergebnisse im Kontext der Literatur zu diskutieren hervorgehoben.</p>
Lernziele und Kompetenzen	Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls verfügen die Studierenden über ein grundlegendes Verständnis zu analytischen Methoden in den Naturwissenschaften. Sie sind in der Lage wissenschaftliche Hypothesen aufzustellen und Experimente zur Validierung der Ergebnisse unter Berücksichtigung der Reproduzierbarkeit und statistischer Signifikanz zu planen. Sie können analytische Methoden in Publikationen kritisch lesen und beurteilen.
Voraussetzungen für die Teilnahme	keine
Lehrform	Teilweise im Inverted Class Room und Praktikum
Verwendbarkeit des Moduls	Matter to Life (Master)
Turnus des Angebots	Jährlich im Wintersemester
Arbeitsaufwand	2 LP (60 Stunden): 1,5 Stunden Vorbereitung; 2 Stunden Präsenzveranstaltung und 0,5 Stunden Nachbearbeitung
Dauer des Moduls	1 Semester (Vorlesungszeit)
Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
Vorbereitende Literatur	Wird angekündigt

Vorlesung MtL_QAL_2: Synthetische Chemie (6 LP)

Inhalt	Der Kurs behandelt moderne chemische Reaktionsmechanismen. Dabei werden zuerst Kenntnisse und mechanistisches Verständnis wichtiger organischer Reaktionen wiederholt und vertiefende Kenntnisse auf dem Gebiet der organischen Chemie vermittelt.
--------	--

	Dabei werden nicht nur grundlegende organische Reaktionsmechanismen sondern auch bioanorganische Thematiken behandelt.
Lernziele und Kompetenzen	Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls verfügen die Studierenden über ein grundlegendes Verständnis von Reaktionsmechanismen der klassischen synthetischen Chemie. Sie sind in der Lage mögliche Reaktivität einzelner chemischen Gruppen einzuschätzen und so Reaktionsmechanismen chemischer Substanzen aufzustellen und haben eine Vorstellung von der experimentellen Umsetzung dieser Reaktionen. Sie können Reaktionsmechanismen verstehen und die Relevanz dieser beurteilen.
Voraussetzungen für die Teilnahme	keine
Lehrform	Vorlesung teilweise im Inverted Classroom
Verwendbarkeit des Moduls	Matter to Life (Master)
Turnus des Angebots	Jährlich im Wintersemester
Arbeitsaufwand	6 LP (180 Stunden): 4 Stunden Vorbereitung; 4 Stunden Präsenzveranstaltung und 4 Stunden Nachbearbeitung Vorbereitung zur Prüfung
Dauer des Moduls	1 Semester (Vorlesungszeit)
Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
Vorbereitende Literatur	Wird angekündigt

Modul MtL_CPL: Physik komplexer Systeme und Biophysik des Lebens

beinhaltet die Vorlesungen Physik komplexer Systeme (MtL_CPL_1, 6 LP) und Synthetische Biologie (MtL_CPL_2, 5 LP).

Studien- und Prüfungsleistungen, Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten	Bestehen der schriftlichen Prüfungen der einzelnen Vorlesungen.
Berechnung der Modulnote	Die Note des Moduls ergibt sich aus den gewichteten und gemittelten schriftlichen Prüfungen der einzelnen Vorlesungen dieses Moduls.

Vorlesung MtL_CPL: Physik komplexer Systeme (6 LP)

Inhalt	Der Kurs lehrt die fundamentalen Konzepte zur quantitativen Analyse dynamischer komplexer selbst-organisierender Systeme angewandt auf Lebensprozesse. Weiterhin werden neueste Methoden komplexer Systeme zur Untersuchung biologischer Fragestellungen eingeführt. Außerdem werden quantitative physikalische Ansätze und Analysemethoden angewandt auf Zellbestandteile und deren Interaktion vermittelt. Ein wichtiges Ziel
--------	---

	ist das Überwinden herkömmlicher Grenzen zwischen den Disziplinen. Den Studierenden werden die wichtigsten Konzepte aus Physik, Chemie und Biologie vermittelt, damit sie ein gemeinsames Verständnis der Sprache, Prioritäten und der Wissenschaftskultur in allen Bereichen erhalten. Langfristig sollen sie so auf die zunehmend interdisziplinäre, aber auch zunehmend quantitative Forschung in Matter to Life vorbereitet werden. Die Forschungsthemen umfassen u.a. physikalische Aspekte biologischer Dynamik, stochastische Prozesse, Reaktions-Diffusionsprozesse, Phasenübergänge, Musterbildung und aktive Prozesse.
Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden können nach erfolgreichem Abschluss des Moduls komplexe Systeme interdisziplinär beschreiben und quantitativ modellieren und sich der Ausdrucksweisen der einzelnen Disziplinen bedienen.
Voraussetzungen für die Teilnahme	keine
Lehrform	Vorlesung teilweise im Inverted Class Room und Übungsgruppe
Verwendbarkeit des Moduls	Matter to Life (Master)
Turnus des Angebots	Jährlich im Wintersemester
Arbeitsaufwand	6 LP (150 Stunden): wöchentlich 4 Stunden Vorbereitung, 4 Stunden Präsenzveranstaltung und 2h Nachbearbeitung
Dauer des Moduls	1 Semester (Vorlesungszeit)
Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
Vorbereitende Literatur	Wird angekündigt

Vorlesung MtL_CPL_2: Synthetische Biologie (5 LP)

Inhalt	<p>Die Vertiefungsgebiete des Kurses umfassen DNS-Technologie, Mechanik biologischer Systeme, Transportphänomene, Biomimetika, Gewebeengineering und Inhalte der angewandten Computerwissenschaften. Die Studierenden erhalten die Möglichkeit, Projekte zu verstehen und zu entwickeln, die sich mit der Anwendung von Nanotechnologien für lebende Organismen und lebensähnliche Systeme beschäftigen. Den Studierenden wird das Modellieren biologischer Systeme und Bioinformatik nähergebracht.</p> <p>Der Kurs bietet auch die Grundlage für das Verstehen und Beherrschen der Bioengineeringtechnologien zur Diagnose und Entwicklung moderner Medizingeräte. Moderne Analyseverfahren werden in Ergänzung zu <i>Modul Mtl_QAL_1: Methoden der Quantitative Analyse</i> im Zusammenhang mit Bioengineeringtechnologien besprochen.</p> <p>Die Studierenden erhalten einen umfassenden Überblick über die Grundlagen der Strukturbiologie und Methoden und Anwendungen in der aktuellen Computerbiologie/-chemie.</p>
--------	---

	<p>Wesentliche strukturelle Eigenschaften von Biomolekülen (Proteine, Peptide, Zucker, Nukleinsäuren), die ihrer großen strukturellen und funktionellen Vielfalt in der Natur zugrunde liegen, werden diskutiert.</p> <p>Die Studierenden bekommen einen Überblick über die grundlegenden Konzepte, die nötig sind, um die Auswirkung der dreidimensionalen Struktur dieser Biomoleküle auf ihre Stabilität, Dynamik, Molekülerkennung und Funktion zu verstehen. Die Studierenden lernen auch biologische Fragestellungen von einem strukturellen Blickwinkel aus zu analysieren. Sie erhalten Einblicke in die für die Definition und Entwicklung strukturbasierter rationaler Engineeringstrategien für die Bio- und Nanotechnologie notwendigen Grundlagen.</p>
Lernziele und Kompetenzen	Nach Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage Experimente für die quantitative Untersuchung dreidimensionaler Strukturen von Biomolekülen zu konzipieren, um die Stabilität, Dynamik und molekulare Funktionen der Biomoleküle zu untersuchen.
Voraussetzungen für die Teilnahme	
Lehrform	Vorlesung teilweise im Inverted Class Room und Übungsgruppe
Verwendbarkeit des Moduls	Matter to Life (Master)
Turnus des Angebots	Jährlich im Wintersemester
Arbeitsaufwand	5 LP (150 Stunden): wöchentlich 4 Stunden Vorbereitung, 4 Stunden Präsenzveranstaltung (2 Stunden Vorlesung, 2 Stunden Übungsgruppe) und 2h Nachbearbeitung
Dauer des Moduls	1 Semester (Vorlesungszeit)
Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
Vorbereitende Literatur	Wird angekündigt

Vorlesung MtL_ESB: Ethik in der Synthetischen Biologie (3 LP)

Inhalt	<p>Erstens wird ein besonderes Augenmerk auf Fragen der Biosicherheit gelegt. Hier wird zum einen untersucht, wie sich die Nutzung von Ergebnissen der Synthetischen Biologie möglicherweise auf Ökosysteme auswirken. Zum anderen liegt ein besonderer Schwerpunkt auf möglichem Missbrauch wissenschaftlicher Ergebnisse. Solche DURC-Fragen (Dual-Use-Research-Concerns) stellen sich insbesondere deswegen, weil die Veröffentlichung der unterschiedlichen Forschungsergebnisse sowohl im Interesse der Wissenschaft als auch der Gesellschaft ist. Zugleich steigt mit einer Veröffentlichung beispielsweise der Baupläne von ‚synthetischen Viren‘ in wissenschaftlichen Publikationen aber auch die Gefahr, dass diese für ungewünschte Zwecke missbraucht werden könnten. Ein zweiter Fokus liegt darauf, dass sich die für eine Kultur prägenden Vorstellungen beispielsweise vom Verhältnis zwischen</p>
--------	---

	<p>Natürlich und Künstlich oder Lebendig und Nicht-lebendig verändern oder zumindest in Frage gestellt werden. Solche Veränderungen ernst zu nehmen und zu erforschen, ist nicht zuletzt auch deswegen von großer Bedeutung, da Fragen kultureller Werthaltungen empirischen Untersuchungen zur öffentlichen Einschätzung der Synthetischen Biologie zufolge wesentlich mitentscheiden, wie sich die Öffentlichkeit zu einer neuen Technik verhält.</p> <p>Drittens wirft die Synthetische Biologie auch ökonomische Fragen auf, insbesondere Fragen, inwieweit die eingesetzten Methoden und deren Produkte patentierbar sind oder sein sollten. Diese Frage ist nicht zuletzt deswegen von besonderem Interesse, da es sich bei den Produkten der Synthetischen Biologie einerseits um biologische Systeme handelt, deren Patentierbarkeit generell umstritten ist. Zum anderen handelt es sich bei den erhofften zukünftigen Produkten der Synthetischen Biologie wie etwa bei einem HIV-Impfstoff um Entwicklungen von solch potentiell großer Bedeutung, dass umstritten ist, inwieweit nicht eine möglichst große Zahl von Nutzern Zugriff auf die Forschungsergebnisse haben sollte.</p> <p>Eine vierte Frage beschäftigt sich damit, welche gesellschaftlichen Akteure darüber entscheiden sollen, in welche Richtung sich die Synthetische Biologie weiterentwickelt. Hier wird aktuell über unterschiedliche Interaktions- und Partizipationsformen nachgedacht, wie sich die Öffentlichkeit in Wissenschaft einbringen kann. Hintergrund ist der zunehmende Trend, dass Öffentlichkeit nicht mehr einfach über wissenschaftliche Errungenschaften informiert werden will, sondern selbst auf unterschiedliche Art und Weise an Wissenschaft teilhaben möchte. Die mögliche Spannweite reicht hier von Bürgerinnen und Bürgern als Datensammler, als Kontrolleure, als Hilfswissenschaftler, bis hin zu voll anerkannten Wissenschaftlern. Die Synthetische Biologie hat zu solchen Formen der Bürgerbeteiligung auch deswegen eine besondere Nähe, da sie von Beginn an eng mit Bewegungen wie der do-it-your-self biology oder auch dem bio-hacking verbunden ist.</p> <p>Diesen ethischen, rechtlichen und sozialen Fragen im Bereich der Synthetischen Biologie widmen Wissenschaftler heute auch deshalb besondere Aufmerksamkeit, weil sie erkennen, dass die weitere Entwicklung dieser Technikwissenschaft nicht alleine an ihren wissenschaftlichen Ergebnissen gemessen wird. Vielmehr hängt sie maßgeblich davon ab, womit die Gesellschaft Synthetische Biologie in Zukunft assoziiert und wie sie dieses Forschungsgebiet einschätzt.</p>
Lernziele und Kompetenzen	Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls verfügen die Studierenden über ein grundlegendes Verständnis zu relevanten ethischen Fragen in der Synthetischen Biologie. Sie können ethische Schwierigkeiten innerhalb der Fachwissenschaft aber auch gegenüber interessierten Laien erläutern und diskutieren und zum gesellschaftlichen Diskurs über diese Themen beitragen.
Voraussetzungen für die Teilnahme	keine
Lehrform	Vorlesung teilweise im Inverted Class Room

Verwendbarkeit des Moduls	Matter to Life (Master)
Turnus des Angebots	Jährlich im Wintersemester
Arbeitsaufwand	2 LP (60 Stunden): 1,5 Stunden Vorbereitung; 2 Stunden Präsenzveranstaltung und 0,5 Stunden Nachbearbeitung
Dauer des Moduls	1 Semester (Vorlesungszeit)
Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
Vorbereitende Literatur	Wird angekündigt

Modul MtL_LR: Forschungspraktikum (30 LP)

Inhalt	Das Praktikum dient der Erweiterung und Vertiefung der im Studiengang erworbenen Kenntnisse und experimentellen Fertigkeiten. Ziel ist es, eine komplexe wissenschaftliche Fragestellung zu formulieren, den Forschungsplan aufzustellen und abschließend zusammenzufassen. Insbesondere soll der Umgang mit komplexen modernen Apparaturen erlernt, das Verständnis für anspruchsvolles experimentelles Arbeiten gefördert sowie die zugehörigen theoretischen Grundlagen nachhaltig vertieft werden.
Lernziele und Kompetenzen	Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls erhalten die Studierenden Einblick in wissenschaftliches Arbeiten, beherrschen den Umgang mit komplexen Apparaturen und das selbständige Experimentieren. Sie verfügen über die Fertigkeit, experimentelle Untersuchungen im Bereich der wissenschaftlichen Forschung und Entwicklung selbständig zu planen und eigenständig durchzuführen sowie die Ergebnisse zu interpretieren und sowohl verbal als auch schriftlich zu präsentieren. Insbesondere verfügen sie über die Fähigkeit, Informationen zur wissenschaftlichen Problemlösung selbständig zu identifizieren, zu beschaffen und zu analysieren.
Voraussetzungen für die Teilnahme	Abschluss aller studienbegleitenden Prüfungen und der mündlichen Abschlussprüfung
Lehrform	Praktikum
Verwendbarkeit des Moduls	Matter to Life (Master)
Studien- und Prüfungsleistungen	Schriftlicher Forschungsbericht und Präsentation der Ergebnisse im jeweiligen Arbeitsgruppenseminar.
Berechnung der Modulnote	Die Note des Moduls wird aus der Bewertung des Forschungsberichtes und der Präsentation mit anschließender Diskussion im jeweiligen Arbeitsgruppenseminar gebildet.
Turnus des Angebots	jährlich
Arbeitsaufwand	30 LP (800 Stunden): 20 Wochen Laborpraktikum + Verfassen des Berichts und Vorbereitung der Präsentation (900h)
Dauer des Moduls	1 Semester
Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch

Vorbereitende Literatur	Wird angekündigt
-------------------------	------------------

Modul MtL_MP: Mündliche Abschlussprüfung (10 LP)

Inhalt	Die mündliche Abschlussprüfung soll zeigen, dass der Prüfling die Zusammenhänge des Prüfungsgebietes erkennt und spezielle Fragestellungen in diese Zusammenhänge einordnen kann. Ferner soll festgestellt werden, ob der Prüfling über ein breites Grundlagenwissen sowie über Vertiefungswissen in eingegrenzten Themen des Prüfungsgebietes verfügt.
Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden erkennen die übergreifenden Zusammenhänge der verschiedenen Lehrveranstaltungen und können diese fachlich korrekt formulieren und diskutieren.
Voraussetzungen für die Teilnahme	Alle Module des Masterstudiengangs Matter to Life bis auf das Forschungspraktikum und die Masterarbeit müssen erfolgreich absolviert sein.
Lehrform	entfällt
Verwendbarkeit des Moduls	Matter to Life (Master)
Studien- und Prüfungsleistungen	mündliche Prüfung
Berechnung der Modulnote	Die mündliche Abschlussprüfung wird als Kollegialprüfung von drei Prüfern, die aktiv an der Lehre des Studiengangs beteiligt sind, abgelegt. In dieser Prüfung soll der Prüfling nachweisen, dass er einen guten Überblick über das Fach hat und die Zusammenhänge des Prüfungsgebietes und der Lehrinhalte der einzelnen Module erkennt. Die Prüfung dauert etwa 60 Minuten.
Turnus des Angebots	jährlich
Arbeitsaufwand	18 LP (540 Stunden; entspricht Vorbereitungszeit für die Prüfung)
Dauer des Moduls	2 Semester (inkl. Vorbereitungszeit)
Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
Vorbereitende Literatur	Wird angekündigt

Modul MtL_MA: Masterarbeit (30 LP)

Inhalt	Ein Arbeitsthema aus einem Teilgebiet von Matter to Life soll innerhalb der vorgegebenen Zeit in der wissenschaftlichen Arbeit selbstständig nach wissenschaftlichen Methoden bearbeitet werden. Das Ergebnis wird schriftlich in der Masterarbeit, die eine Zusammenfassung enthält, festgehalten.
Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden sind in der Lage, sich mit ihrem im Studium erworbenen Wissen ein neues (interdisziplinäres) Thema eigenständig zu erarbeiten und die notwendige Literaturrecherche durchzuführen. Sie können weitgehend selbstständig moderne Methoden der Chemie einsetzen und die Experimente planen, aufbauen, durchführen und dokumentieren. Die Ergebnisse ihrer Untersuchungen können sie

	eigenständig auswerten, schriftlich formulieren und kritisch diskutieren.
Voraussetzungen für die Teilnahme	Alle studienbegleitenden Teilprüfungen der Lehrveranstaltungs-Module und mündliche Abschlussprüfung müssen erfolgreich absolviert sein
Lehrform	entfällt
Verwendbarkeit des Moduls	Matter to Life (Master)
Studien- und Prüfungsleistungen	Die Masterarbeit wird von zwei Prüfern bewertet, von denen einer Hochschullehrer sein muss. Der erste Prüfer soll der Betreuer der Arbeit sein.
Berechnung der Modulnote	Die Note ergibt sich aus dem arithmetischen Mittel beider Bewertungen. Bei Abweichungen von mehr als einer Note setzt der Prüfungsausschuss nach Anhören beider Prüfer die Note der Masterarbeit fest. Er kann in diesen Fällen einen dritten Prüfer hinzuziehen.
Turnus des Angebots	fortlaufend
Arbeitsaufwand	30 LP (900 Stunden)
Dauer des Moduls	6 Monate, in Ausnahmefällen auf Antrag 3 Monate Verlängerung
Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
Vorbereitende Literatur	Eigenständiger Literatursuche zum Arbeitsthema

Wahlpflichtmodule

Modul MtL_MSC: Molecular Systems Chemistry

beinhaltet die folgenden Lehrveranstaltungen:

- Makromolekulare Strukturen und Funktionen (MtL_MSCE_1, 5 LP)
- Chemische Biologie (MtL_MSCE_2, 4 LP)
- Bioconjugation & Imaging Chemistry (MtL_MSCE_3, 3 LP)

Studien- und Prüfungsleistungen, Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten	Bestehen der schriftlichen Prüfungen der einzelnen Vorlesungen.
Berechnung der Modulnote	Die Note des Moduls ergibt sich aus den schriftlichen Prüfungen gewichtet nach der Anzahl an LP je Lehrveranstaltung.

Vorlesung mit Praktikum MtL_MSCE_1: Makromolekulare Strukturen und Funktionen (5 LP)

Inhalt	Schwerpunkt des Kurses sind die Mannigfaltigkeit und Diversität makromolekularer Strukturen und ihrer jeweiligen Funktionsweise. Technisches Wissen über die Synthese, strukturelle Charakterisierung und Konstruktion funktionaler Eigenschaften wird vermittelt. Dadurch wird eine Brücke geschlagen zwischen dem Forschungsfeld der synthetischen Polymere und deren Struktur-Eigenschafts-Beziehungen einerseits und der Chemie biologischer Makromoleküle andererseits. Biologische Makromoleküle werden als Teil moderner Werkstoffe betrachtet (zum Beispiel als Bestandteil eines hybriden Werkstoffs) und gleichzeitig als Musterbeispiel für molekular programmierbare, komplexe und anpassungsfähige Suprastrukturen. Strukturelle Verflechtungen werden detailliert behandelt, ausgehend von Monomer-Verkettungen, nicht-kovalenten Bindungen und Kopplungen über einen Abstand von mehreren Bindungen (Kolloidalkräfte und entropische Kräfte) hin zur Organisation auf der makromolekularen und supramolekularen Ebene (spiralförmige Strukturen, Globuli und andere Nanoobjekte mit einer definierten Sekundär-, Tertiär- oder Quaternärstruktur). Der Kurs vermittelt tiefgehendes Wissen über die Synthese von Makromolekülen mit Schwerpunkt auf die Kontrolle der Sequenz, des Molekulargewichts und der makromolekularen Stereochemie: Dazu gehören (i) kontrollierte und lebende Kettenpolymerisation durch verschiedene Mechanismen (initiiert durch Ionen, Gruppentransfer, Radikale oder eine Komplexinsertion wie bei Metathese, Metallocenen und Ziegler Polymerisationsreaktionen; (II) Stufenwachstumssynthesen wie zum Beispiel hochentwickelte Polykondensationsreaktionen (sogenannte low-band-gap-Polymere, Kettenwachstumspoly-kondensation, Kondensation oder Addition in Wasser, Fragmentkondensation, Festphasensynthese, und Kaskadensynthese wie bei Dendrimeren.
--------	---

	<p>Speziell für Biomakromoleküle werden enzymatische Methoden für die Protein- und Nukleinsäureproduktion (PCR, Rolling Circle Amplifikation, Expressed Protein Ligation) sowie biotechnologische Synthesen (rekombinante Proteinexpression) behandelt. Ein Schwerpunkt wird außerdem die Lehre von Methoden, welche die Konjugation von biologischen mit synthetischen Bausteinen erlauben (Click-Chemie Reaktionen), sein. Als zweiter Schwerpunkt werden Struktur-Eigenschafts-Beziehungen im Zusammenhang mit molekularer Selbstanordnung in wässrigen Lösungen behandelt, wie zum Beispiel helikale Strukturen, Proteinkettenfaltung und Nukleinsäurestrukturen (A-, B-, Z-DNA). Außerdem wird die nächst höhere Organisationsebene, Kügelchen- und Mizellenbildung, sowie die Bildung von strukturierten Netzwerken durch kovalente und reversible Gelierungsprozesse und die Selbstorganisation von Blockcopolymeren aus mehr als zwei Blockpolymeren gelehrt. Neben der thermodynamischen Kontrolle werde noch andere Möglichkeiten die Selbstanordnung zu regulieren gezeigt, darunter kinetische Steuerung und Steuerung durch nicht-kovalente Chemie, wie z. B. durch das Wechselspiel zwischen kovalenter und nicht-kovalenter Chemie durch reversible Konzentrierung, hydrophobe Wechselwirkungen und gezielte Bildung reversibler Bindungen. Außerdem thematisiert der Kurs physikalische Charakterisierungsmethoden, die für die Überwachung der Synthese auf sämtlichen Strukturebenen nötig sind, ausgehend von NMR-Methoden, optischer Spektroskopie und Schwingungsspektroskopie über Fluoreszenzmethoden wie FRET hin zur Charakterisierung der Partikelgröße und -form durch Streuverfahren und hochentwickelte Mikroskopiemethoden (Kryo-SEM und -TEM, Rastersondenmikroskopie und hochentwickelte optische Mikroskopie).</p>
Lernziele und Kompetenzen	Nach Abschluss des Moduls können die Studierenden vielfältige Synthese- und Analysemethoden natürlicher und synthetischer Makromoleküle beschreiben und haben Erfahrung in der Synthese von Makromolekülen.
Voraussetzungen für die Teilnahme	keine
Lehrform	Vorlesung teilweise im Inverted Class Room mit Praktikum
Verwendbarkeit des Moduls	Master (Matter to Life)
Turnus des Angebots	Jährlich im Sommersemester
Arbeitsaufwand	5 LP (150 Stunden): wöchentlich 4 Stunden Vorbereitung, 4 Stunden Präsenzveranstaltung und 2h Nachbearbeitung
Dauer des Moduls	1 Semester (Vorlesungszeit)
Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
Vorbereitende Literatur	Wird angekündigt

Vorlesung mit Praktikum MtL_ MSCE_2: Chemische Biologie (4 LP)

Inhalt	<p>Chemische Biologie könnte man auch als die Anwendung von Chemie zur Untersuchung lebender Systeme in situ bezeichnen. Dabei ist das Ziel die Entwicklung von Instrumenten, um biologische Phänotypen zu manipulieren sowie biochemische Aktivitäten in vivo zu visualisieren und quantifizieren. Anhand der Diskussion einer Auswahl wichtiger Veröffentlichungen bietet der Kurs eine Einführung in die aktuelle chemische Biologie.</p> <p>Die Veröffentlichungen beschreiben Technologien bzw. Ansätze, die einen konzeptionellen Fortschritt darstellen und damit die Erforschung einer biologischen Fragestellung ermöglichen, die sich mit eher herkömmlichen Ansätzen nicht durchführen ließe. Da die chemische Biologie noch ein relativ junges und dynamisches Gebiet ist, werden die zu besprechenden Veröffentlichungen von Jahr zu Jahr angepasst.</p> <p>Die folgenden Themen werden im Kurs diskutiert: (i) Synthetische und genetisch kodierte Sonden; (ii) Chemische Biologie der Kinasen; (iii) Chemisches Markieren von Proteinen; (iv) Semisynthese von Proteinen; (v) Erweiterung des genetischen Codes und künstliche Aminosäuren; (vi) Chemische Optogenetik; (vii) Chemische Genetik; (viii) Gezielte Dekonvolution von bioaktiven Molekülen; (ix) Auf Aktivität basierende Proteinanalyse; (x) Fluoreszierende Sonden. Der Kurs setzt voraus, dass die Studenten die zugrundeliegenden Veröffentlichungen vor dem Unterricht lesen, um mitdiskutieren zu können.</p>
Lernziele und Kompetenzen	Absolventen des Moduls sind in der Lage Instrumente der Chemie, Zellbiologie und Biophysik auszuwählen und anzuwenden, um Fragestellungen auf molekularer Ebene zu untersuchen.
Voraussetzungen für die Teilnahme	Grundkenntnisse in organischer Chemie, Biochemie und Molekularbiologie
Lehrform	Vorlesung teilweise im Inverted Class Room mit Praktikum
Verwendbarkeit des Moduls	Master (Matter to Life)
Turnus des Angebots	Jährlich im Sommersemester
Arbeitsaufwand	4 LP (120 Stunden): wöchentlich 3 Stunden Vorbereitung, 4 Stunden Präsenzveranstaltung und 1h Nachbearbeitung
Dauer des Moduls	1 Semester (Vorlesungszeit)
Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
Vorbereitende Literatur	Wird angekündigt

Vorlesung MtL_ MSCE_3: Bioconjugation & Imaging Chemistry (3 LP)

Inhalt	<p>Der Kurs beschäftigt sich mit verschiedenen Arten von molekularen Elementen, die mit biologischen Vektoren verbunden sind, wobei die biologischen Vektoren dafür sorgen, dass die Elemente zu spezifischen Zellen transportiert werden (z. B. selektives Markieren von Tumorzellen für die Bildgebung oder Therapie: Vektoren: Peptide, Antikörper, Nanopartikel). Zu den</p>
--------	--

	<p>molekularen Elementen zählen auch optische, magnetische und radiochemische Sonden.</p> <p>Die Synthese der molekularen Elemente und Methoden zur Anbindung der Elemente an biologische Vektoren werden kurz umrissen. Der Schwerpunkt liegt jedoch auf den grundlegenden Prinzipien verschiedener Sonden (z. B. an-/ausschaltbare optische Sensoren; paramagnetische Sonden bei der Bildgebung mit MRT und Strukturbestimmung, z. B. Proteine in Zellen; radiopharmazeutische Bildgebung und Therapie). Viele dieser Systeme bestehen aus Ionen von Hauptgruppen-, Übergangs- und Seltenerdmetallen.</p> <p>Die grundlegenden Prinzipien der Metallionenselektivität, dem Verhindern von Transmetallierung (chemische Trägheit unter physiologischen Bedingungen) werden diskutiert und schwerpunktmäßig die grundlegende Theorie metallbasierter Systeme hinsichtlich Sensoren und Aktivatoren dargestellt.</p> <p>Der Kurs baut auf und erweitert, wo nötig, die Kenntnisse aus den Kursen Makromolekulare Strukturen und Funktionen (MtL_MSCE_1) sowie Data Science (MtL_PCL_2)</p>
Lernziele und Kompetenzen	Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls verfügen die Studierenden über ein grundlegendes Verständnis zur Herstellung und Charakterisierung von Bioconjugaten und ihrer Anwendung als Sensoren und Aktivatoren in biologischen Systemen zur quantitativen Analyse biologischer Prozesse.
Voraussetzungen für die Teilnahme	keine
Lehrform	Vorlesung teilweise im Inverted Class Room
Verwendbarkeit des Moduls	Master (Matter to Life)
Turnus des Angebots	Jährlich im Sommersemester
Arbeitsaufwand	3 LP (90 Stunden): wöchentlich 3 Stunden Vorbereitung, 2 Stunden Präsenzveranstaltung und 1h Nachbearbeitung
Dauer des Moduls	1 Semester (Vorlesungszeit)
Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
Vorbereitende Literatur	Wird angekündigt

Modul MtL_MSC: Molecular Systems Engineering

beinhaltet die folgenden Lehrveranstaltungen:

- Genom Engineering (MtL_MSE_1, 4 LP)
- Synthetische Zelle & Viologie (MtL_MSE_2, 4 LP)

Studien- und Prüfungsleistungen, Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten	Bestehen der schriftlichen Prüfungen der einzelnen Vorlesungen.
---	---

Berechnung der Modulnote	Die Note des Moduls ergibt sich aus den schriftlichen Prüfungen gewichtet nach der Anzahl an LP je Lehrveranstaltung.
--------------------------	---

Vorlesung mit Praktikum MtL_ MSE_1: Genome Engineering (4 LP)

Inhalt	<p>Der Kurs Genom-Engineering bietet einen Überblick über den Hintergrund und die Anwendung genomischer Technologien für das Lesen und Schreiben von Genomen als Grundlage der synthetischen Biologie. Der Kurs umfasst eine Einführung in die Grundlagen der Nukleinsäurenchemie und Funktion der DNS sowie strukturelle und funktionelle Aspekte der Gene und Genombiologie. Weitere Themen sind: Wie ist Information im Genom kodiert, Methoden zur Genomsequenzierung und neueste Erkenntnisse, die die Sequenzierung und Assemblierung ganzer Genomsequenzen ermöglichen. Aufbauend und im Vergleich zu dem <i>Modul MtL_BE: Bioengineering of Life</i> werden Methoden zur Manipulation der DNS vorgestellt, einschließlich DNS-Synthese und die Verwendung enzymatischer Methoden zum genetischen Engineering einfacher und komplexer Genome. Der Kurs behandelt und diskutiert neueste Methodenentwicklungen im Genom-Engineering, die Entdeckung und Entwicklung von CRISPR/Cas, dessen technologisch erzeugte Versionen, die das Knockout von Genen in Genomen zulassen, das ortsspezifische Einfügen von Mutationen sowie der Austausch von ganzen Genen oder Chromosomenabschnitten. Ebenso werden die Anwendung des Genom-Engineering in der Biotechnologie, Diagnostik und Therapie behandelt sowie beim Zell- und Gewebe-Engineering und zukünftige Anwendungen synthetischer Genome. Es werden klassische Veröffentlichungen wichtiger Entdeckungen sowie neueste Entwicklungen des Genom-Engineering diskutiert. Praktika ergänzen das Thema mit Kompetenzen im Nass- und Trockenlabor. Die Studenten werden auch ethische, gesetzliche und gesellschaftliche Implikationen des Genom-Engineering diskutieren.</p> <p>Das Modul besteht aus umgedrehten Unterrichtseinheiten (inverted classroom) mit Schwerpunkt auf Fallstudien, die Beispiele aus der aktuellsten Literatur und der tatsächlichen Forschung der Fakultät darstellen. Die Studierenden erhalten die Fallstudien vor dem Unterricht. Die Studierenden studieren die Unterlagen und werden ermutigt, experimentelle bzw. theoretische Strategien zur Lösung der Fragestellungen vorzuschlagen. Gemeinsam und in Tutorien werden aufgeworfene Fragen diskutiert und beantwortet, das Verständnis der Materie vertieft, und Forschungsstrategien entwickelt, die dann auch bei den Übungen und im Laborunterricht ausprobiert werden können.</p>
Lernziele und Kompetenzen	Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls verfügen die Studierenden über ein grundlegendes Verständnis über Genom-Engineering und können Publikationen in diesem Bereich kritisch lesen und beurteilen. Sie sind in der Lage Methoden zum Genom-Engineering anzuwenden.

Voraussetzungen für die Teilnahme	keine
Lehrform	Vorlesung teilweise im Inverted Class Room und Praktikum
Verwendbarkeit des Moduls	Master (Matter to Life)
Turnus des Angebots	Jährlich im Sommersemester
Arbeitsaufwand	4 LP (120 Stunden): wöchentlich 3 Stunden Vorbereitung, 4 Stunden Präsenzveranstaltung und 1h Nachbearbeitung
Dauer des Moduls	1 Semester (Vorlesungszeit)
Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
Vorbereitende Literatur	Wird angekündigt

Vorlesung mit Praktikum MtL_ MSE_2: Synthetische Zelle & Virologie (4 LP)

Inhalt	<p>Der Kurs behandelt physikalische und chemische Methoden aus dem Bereich der modernen synthetischen Biologie für die Konzeption und Konstruktion synthetischer Viren mit gewünschten Funktionen und für die Entwicklung synthetischer Zellen und Gewebe mit lebensechten Eigenschaften. Hochaktuelle Forschungsthemen dienen als Leit- und Diskussionsfaden für die gesamte Vorlesung. Dazu gehören insbesondere moderne Methoden der Biofunktionalisierung sowie Methoden aus dem Bereich Mikrofluidik und Proteinkonstruktion für die Fertigung lebensechter Maschinen, Zellen und Gewebe. Der Kurs befasst sich mit modernen Technologien auf der Basis von Licht und Mikrofluidik welche Selbstanordnungsprozesse bei der Konstruktion lebensechter Kompartimente regulieren.</p> <p>Immunologie, Virologie und insbesondere neue Ansätze der synthetischen Biologie in diesen Fachbereichen gehören zu den größten Herausforderungen der heutigen biomedizinischen Forschung. Gleichzeitig gehören Viren zu den kleinsten biologischen Objekten mit der Fähigkeit der Selbstreplikation in einer komplexeren Umgebung. Dies macht die Konstruktion von Viren und viralen Vektoren mit gewünschten Eigenschaften besonders erfolgversprechend, ein Grund weshalb diese Methoden mittlerweile auch in der angewandten biomedizinischen Forschung eingesetzt werden. Die Tatsache, dass Viren ihrem Wirt fremd sind hat entscheidend zur Entdeckung eine Reihe zellulärer Prozesse beigetragen und scheint eine optimale Eigenschaft für die Konstruktion künstlicher zellähnlicher Systeme, welche deren Replikation unterstützen, zu sein. Das Studium viraler Interaktionen mit Wirtszellen und dem Immunsystem liefert eine Vielzahl Beispiele für Situation in denen quantitative, interdisziplinäre Konzepte unter umfangreicher Beteiligung von Physik, Chemie und Technologie zu bahnbrechenden technischen Fortschritten in der Biomedizin und in klinischen Anwendung geführt haben. Unsere Herangehensweise zielt auf das Eingreifen in den Lebenszyklus von</p>
--------	---

	<p>Zellen mit Hilfe von molekularen oder nanoskopischen Systemen, oder sogar durch künstlich konstruierte Zellen und Viren, ab. Dieses Modul vermittelt einen Überblick über die herausforderndsten und aktuellsten Forschungsbeispiele und wird die chemischen, physikalischen, molekularbiologischen und biochemischen Grundlagen dafür liefern, Forschungsbeispiele aus der synthetischen Virologie zu verstehen. Theoretisches Wissen wird durch praktische Erfahrungen in Laborpraktika ergänzt, zum Beispiel in den Bereichen Mikrofluidik, Entwicklung viraler Vektoren oder DARPin Technologie.</p> <p>Das Modul besteht aus Vorlesungen basierend auf dem Konzept der Lehr-/Lernmethode des Inverted Classroom und wird sich auf "Fallbeispiele" – im Sinne von Beispielen aus der aktuellen Literatur oder Beispiele aus der eigenen Forschung der Lehrenden – konzentrieren. Die Studierenden beschäftigen sich mit Lehrmaterial, welches ihnen zur Vorbereitung der Diskussion rechtzeitig im Kurs ausgehändigt wird, und werden ermutigt experimentelle und/oder theoretische Lösungsansätze zu entwickeln und vorzustellen. Die folgenden Kurstreffen und Übungen werden dazu genutzt, Fragen zu diskutieren, Fachwissen zu vertiefen und Forschungsstrategien zu entwickeln, welche in Übungen und Laborpraktika wiederum überprüft werden können. Des Weiteren wird die Beziehung zwischen lebender und nicht-lebender Materie Teil des Unterrichtstoffes sein. Außerdem werden die Studierenden in der Entwicklung und Konstruktion von chimerischen Antigenrezeptoren (CARs, auch bekannt als chimerische Immunorezeptoren) für den Einsatz als technisch optimierte Rezeptoren zum Propfen einer beliebigen Spezifität auf Immunzellen (T-Zellen) unterrichtet. Diese Art von Rezeptoren werden derzeit in klinischen Studien für den Einsatz gegen bestimmte Krankheiten geprüft.</p>
Lernziele und Kompetenzen	Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls verfügen die Studierenden über ein Verständnis der Synthese und Analyse synthetischer Viren und viraler Substrukturen (z. B. Kapsidhüllen und/oder virale Replikationssysteme); sie besitzen außerdem hochmodernes Wissen über Synthese-Werkzeuge und -Technologien für die Herstellung solcher Materialien. Sie sind in der Lage Experimente zur hierarchischen Zusammenstellungen von molekularen und nanoskopischen Einheiten als Grundlage lebensähnlicher Materialien zu entwerfen.
Voraussetzungen für die Teilnahme	keine
Lehrform	Vorlesung teilweise im Inverted Class Room und Praktikum
Verwendbarkeit des Moduls	Master (Matter to Life)
Turnus des Angebots	Jährlich im Sommersemester
Arbeitsaufwand	4 LP (120 Stunden): wöchentlich 3 Stunden Vorbereitung, 4 Stunden Präsenzveranstaltung und 1h Nachbearbeitung
Dauer des Moduls	1 Semester (Vorlesungszeit)

Unterrichts- und Prüfungssprache	Englisch
Vorbereitende Literatur	Wird angekündigt