



Studienordnung des FH-Masterlehrgangs

Bio-Inspired Engineering

Zur Erlangung des akademischen Grads

Master of Science in Engineering
abgekürzt MSc.

als Anhang der Satzung der FH Kufstein Tirol

Organisationsform: berufsbegleitend

Dauer: 4 Semester

Umfang: 120 ECTS

Anfängerstudienplätze je Studienjahr: 15

Version 1

Generiert durch Überführung der Inhalte des Akkreditierungsantrags

„2_Master-Lehrgang BIE Stand 23012017“

Beschlossen durch das FH Kollegium am 1.Februar 2017

Inhalt

1	Berufsbilder	3
1.1	<i>Berufliche Tätigkeitsfelder.....</i>	3
1.2	<i>Qualifikationsziele/Lernergebnisse</i>	7
2	Zugangsvoraussetzungen	9
3	Curriculum	10
3.1	<i>Curriculumsdaten</i>	10
3.2	<i>Curriculums-Matrix.....</i>	11
3.3	<i>Matrix ECTS/ SWS Aufteilung</i>	15
3.4	<i>Modulbeschreibungen.....</i>	17

1 BERUFSBILDER

1.1 Berufliche Tätigkeitsfelder

Allgemein

Wie bereits beschrieben, ist die Voraussetzung, Biomimetik betreiben zu können, eine tiefgreifende Erkenntnis über biologische Vorgänge. Die Biomimetik ist eine hochgradig interdisziplinäre Wissenschaft. Die Entwicklung innovativer biologisch inspirierter technischer Produkte oder Prozesse läuft – ausgehend vom biologischen Vorbild – in der Regel über mehrere Abstraktions- und Modifikationsschritte ab. Dabei können bei der bionischen Forschung und Entwicklung zwei prinzipielle Vorgehensweisen unterschieden werden: der Bottom-Up und der Top-Down-Prozess. Beim Bottom-Up-Prozess (auch als Biology Push bezeichnet) steht die für eine technische Umsetzung interessante Entdeckung aus der Biologie am Anfang des Projekts. Beim Top-Down-Prozess (auch als Technology Pull bezeichnet) beginnt man mit der Frage nach einer gezielten bionischen Verbesserung von Seiten der Technik bzw. Industrie.

Kernbranchen der Biomimetik

Es konnten folgende Kernbranchen identifiziert werden, in welchen AbsolventInnen der Biomimetik tätig werden können (alphabetisch):

- Architektur und Konstruktionsbüros
- Chemie- und Pharmaindustrie
- Elektrotechnik- und Elektronikunternehmen
- Erneuerbare Energien
- Fahrzeugindustrie
- Holzindustrie und Holzarchitektur
- Konsum- und Industriegüterproduktion
- Luft- und Raumfahrt
- Maschinenkonstruktion und Anlagenbau
- Prozessautomatisierung und -optimierung
- Rehabilitation und Medizintechnik
- Automatisierungstechnik
- Systemhersteller
- Transport- und Verkehrswirtschaft

Tätigkeitsfelder im Detail

In den Richtlinien des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) wird der Prozess des bionischen Arbeitens wie folgt beschrieben (Verein Deutscher Ingenieure, 2012):

Ideenfindung → Analyse → Abstraktion & Analogie → Planung bis Innovation → Kommunikationsprozess → Integration in den Innovationsprozess (2012). Diese Arbeiten sind wohl den meisten Tätigkeitsfeldern gemeinsam. Das Berufswörterbuch des österreichischen Arbeitsmarktservice (AMS) beschreibt den Beruf des/der BionikerIn folgendermaßen¹: Die Tätigkeitsbereiche sind hochgradig interdisziplinär. So arbeiten BionikerInnen eng mit BiologInnen, ZoologInnen, IngenieurInnen, ArchitektInnen, PhysikerInnen, ChemikerInnen, MaterialforscherInnen und DesignerInnen zusammen. BionikerInnen befassen sich mit dem kreativen Umsetzen von Erkenntnissen aus der Biologie in technische Anwendungen. Sie erforschen dazu biologische Systeme,

¹ Quelle: <http://www.berufswörterbuch.at/beruf2995>

Prozesse und Strukturen bei Pflanzen und Tieren. Zudem nutzen sie biologische Prinzipien und Phänomene um innovativ technische Fragestellungen zu lösen. Während in der **Biotechnologie** die Nutzung von Lebewesen zur Produktion oder dem Abbau gewünschter Stoffe beiträgt, dienen in der Bionik die Lebewesen als Ideengeber (Brandau, 2014).

Im Folgenden wird eine Übersicht über mögliche Berufsfelder für BionikerInnen gegeben (alphabetisch):

Angewandte Forschung-und Entwicklung

Forschung und Entwicklung ist die systematische Suche nach neuen Erkenntnissen unter Anwendung wissenschaftlicher Methoden in geplanter Form. Während unter *Forschung* der generelle Erwerb neuer Kenntnisse zu verstehen ist, setzt sich die *Entwicklung* mit deren erstmaliger konkretisierender Anwendung sowie praktischer Umsetzung auseinander (Springer Gabler Verlag).

In diesem Sinne ist die Biomimetik in mehrfacher Weise ein ultimates Feld der F&E: Biomimetik – das Lernen von der Natur für technische Anwendungen erfordert zum einen, die Beobachtung und Erforschung der belebten Natur mit wissenschaftlichen Methoden, die computerunterstützte Analyse und Abstraktion, sowie die Transformation und Anwendung auf ein zu lösendes Problem. Zudem ermöglicht die Biomimetik auch in der angewandten Grundlagenforschung neue Ansätze wie Selbstassemblierung und digitale Materialien.

Es existiert eine große Breite an Forschungsthemen, die im Rahmen der Biomimetik bearbeitet werden; sie können grob in drei große Gruppen gegliedert werden:

- Konstruktions- oder Strukturbionik (Oberflächen, Konstruktionen)
- Verfahrensbionik (z.B. Photosynthese) und
- Informationsbionik (z.B. Evolution).

Die Anwendungsbereiche der Bionik liegen vor allem in Medizin, Oberflächentechnik, Maschinenbau, Materialentwicklung, Architektur, Kommunikationstechnik und Robotik (BMFIT, 2010).

Werner Nachtigall unterteilt die Aufgaben eines Wissenschaftlers in der Biomimetik in folgende drei, miteinander verbundene und chronologisch aufeinander folgende Teilaufgaben:

- **Erkennen:** Erforschen, Beschreiben und Beurteilen der biologischen Basis
- **Abstrahieren:** Abstraktion der biologischen Befunde, Herausarbeiten allgemeiner Prinzipien
- **Umsetzen** in die Technik – Prinzip-Vergleich, Konzeptuelles, Vorgehensweise

Tätigkeiten sind somit unter anderem Recherchen, die Analyse mit hochauflösenden optischen 3D-Mikroskopen sowie Elektronen- und Atomkraftmikroskopen oder Computertomographen, die computerunterstützte Modellierung-, Simulation und Optimierung, sowie die Durchführung von Machbarkeitsstudien mittels Rapid Prototyping.

Technische Biologie

In der **Technischen Biologie** verbinden sich Elemente der drei großen Gebiete Biologie, Chemie und Verfahrenstechnik. Als Teilgebiet der Biotechnologie beschäftigt sie sich mit der technischen Nutzung von biologischen Systemen oder Teilen davon zum Zweck der Produktsynthese oder Stoffumwandlung. Die Nutzung biologischer Systeme umfasst dabei Bakterien, Hefen, Pilze, Algen, etc. (als Mikrobielle Biotechnologie), pflanzliche, tierische oder humane Zellkulturen (als Zellkulturtechnik), sowie daraus isolierte oder damit hergestellte Peptide und Proteine, deren Aufarbeitung und technische Anwendung (u. a. in der Enzymtechnik, Biokatalyse und Biosensorik). Charakteristisch für das Fachgebiet sind der starke Anwendungsbezug und die ausgeprägte Interdisziplinarität. Im Bereich der Forschung beschäftigt sie sich mit Fragestellungen insbesondere der industriellen Biotechnologie sowie der

Enzymtechnologie - z.B. mit mikrobiellen Herstellungsverfahren oder dem Screening bzw. dem Einsatz von industriell interessanten Enzymen.

Aus dieser Beschreibung wird ersichtlich, dass die Technische Biologie eine zusätzliche, interessante und lohnende Option für AbsolventInnen des neuen Lehrgangs BIE darstellt. „Biologen wissen mit der Technik meist nicht viel anzufangen – BiomimetikerInnen könnten hier einen wesentlichen Beitrag leisten, da sie sowohl die Welt der Technik als auch jene der Biologie kennen - die technische Biologie stellt die invertierte Biomimetik dar (Gebeshuber, Expertengespräch zur Lehrgangsentwicklung BIE, 2016).

Produktentwicklung und Konstruktion

Durch diese Tätigkeit wird versucht, mittels neuer Produkte oder die Verbesserung bestehender Produkte auf bestehenden Märkten Wachstum zu realisieren (Springer Gabler Verlag, 2016). Mittels Biomimetik können hier echte Marktneuheiten auf einem neuen oder bestehenden Markt (Innovationen) oder auch Verbesserungen und Erweiterung des Produktprogramms erzielt werden.

Aufgaben sind hier die Mitarbeit in der

- *Planungsphase* (Erstellung des Lastenhefts, suchen nach bionischen Lösungsvorschlägen, Machbarkeitsstudien, Rapid Prototyping)
- Konstruktionsphase (Technologierecherchen, suchen nach der „besten Lösung“, morphologischer Kasten, computerunterstützte Topologieoptimierung mittels Finite Elemente Programme, generischen Algorithmen, etc.)
- Entwurfsphase (unter Berücksichtigung bionischer Strukturen und Gesetzmäßigkeiten)
- Ausarbeitungsphase (unter Berücksichtigung der Produzierbarkeit)

Damit verbunden sind auch die Kommunikation und Zusammenarbeit mit den Schnittstellen zu F&E, technischer Entwicklung und Konstruktion sowie der Fertigungsüberleitung bis hin zur Produktion.

Industrie- und Produktdesign

Darunter versteht man die Zusammenfassung aller Bemühungen, die darauf gerichtet sind, industrielle Erzeugnisse nicht nur technisch zweckmäßig, sondern auch ästhetisch zu gestalten (Springer Gabler Verlag (Herausgeber), 2016).

Die Natur ist ein höchst effizienter, effektiver und nachhaltiger Designer – sie verschwendet nichts und optimiert sich ständig selbst. Das Resultat sind perfekt angepasste und zweckmäßige Designs mit höchster Funktionalität. Aus diesem zu lernen und auf heutige Herausforderungen und Umgebungen zu transformieren ist das Tätigkeitsfeld in diesem Bereich. Wiederum sind es vor allem computerunterstützte Tätigkeiten, wie das 3D-Design, das funktionelle Optimieren mittels Finiter Elemente, sowie das Umsetzen mittels Rapid Prototyping.

Produktionstechnik

Unter Produktionstechnik versteht man die Transformation wissenschaftlicher Erkenntnisse in Verfahren und Prozesse, die einerseits vom Menschen (technologisch) beherrscht werden und sich andererseits in wirtschaftlich nutzbare Produktionssysteme integrieren lassen (Springer Gabler Verlag, 2016). Unter Prozess wiederum versteht man die Gesamtheit aufeinander einwirkender Vorgänge innerhalb eines Systems. So werden mittels Prozessen Materialien, Energien oder auch Informationen zu neuen Formen transportiert, transformiert und gespeichert. Hinsichtlich eines Produktionsprozesses versteht man ein technologisch, zeitlich und örtlich bestimmtes effizientes

Zusammenwirken von Produktionsfaktoren zur Herstellung einer bestimmten Gütermenge in bestimmter Qualität (Springer Gabler Verlag, 2016).

Ein/e BiomimetikerIn kann hier auf vielfache Weise tätig werden; zum einen im physikalischen Umgestalten der Prozesse, wenn Systemkomponenten auf Basis der Biomimetik neu gedacht und Systeme neu gefertigt werden. Des Weiteren können konventionelle Prozesse mittels Optimierungsprogramm leistungsfähiger-, und durch selbstlernende Eigenschaften autonomer und klüger gemacht werden. Der aufkommenden Datenflut durch „Industrie 4.0“ bzw. durch das „Internet der Dinge“ kann mittels generischer Algorithmen entgegengewirkt und relevante Daten extrahiert werden.

Zu den Aufgaben zählen das selbständige Lösen von komplexen Optimierungsaufgaben, der Umgang mit großen Datenmengen (Big Data), und die Entwicklung von kundenspezifischen Optimierungsalgorithmen (generische Algorithmen, künstliche Intelligenz). Dies setzt systemisches Denken sowie Kenntnisse in Mathematik, Informatik und objektorientierter Programmierung voraus.

Consulting, Unternehmensberatung

Unter Consulting versteht man die individuelle Aufarbeitung betriebswirtschaftlicher Problemstellungen durch Interaktion zwischen externen, unabhängigen Personen oder Beratungsorganisationen und einem um Rat nachsuchenden Klienten (Springer Gabler Verlag, 2016). Die Unternehmensberatung ist der Teilbereich des Consulting, der auf den speziellen Organisationstyp Unternehmung abgestellt ist. Obwohl die Unternehmensberatung immer noch den größten Anteil an betriebswirtschaftlicher Beratung umfasst, werden entsprechende Leistungen zunehmend auch von anderen Organisationstypen in Anspruch genommen.

Wie bereits erwähnt, benötigt die Biomimetik ein interdisziplinäres, Know-how-intensives Expertenwissen. Zudem wird die Biomimetik vielerorts als nachhaltiger Innovationstreiber gesehen. So erscheint es naheliegend, dass BionikerInnen insbesondere auch in der (Strategie-) Beratung von Teilbereichen von Unternehmen, wie z.B. des Produkt-, F&E- und Innovationsmanagements, erfolgreich tätig werden können.

Kritische Anmerkung

Auf www.studycheck.de ist unter Berufsaussichten Bionik unter anderem zu lesen: „Nach einem erfolgreich abgeschlossenen Bionik Studium hast Du hervorragende Berufsaussichten. Viele internationale Konzerne suchen nach Spezialisten im Fach Bionik. In den Entwicklungsabteilungen von internationalen Betrieben arbeiten Bioniker an neuen Materialien oder konstruieren innovative technische Lösungen. Viele dieser Unternehmen sind im Bereich der Luftfahrt, der Kraftfahrzeugindustrie, der Materialwissenschaften oder der Biomedizin tätig.“

„Mit einer Promotion und der entsprechenden Berufserfahrung kannst Du später in einem Unternehmen auch eine eigene Forschungsgruppe leiten. Im späteren Verlauf Deiner Karriere ist es auch möglich, in das Management eines Konzerns zu wechseln. Für die Arbeit in der Unternehmensführung empfiehlt es sich, zusätzliche Kurse in Betriebswirtschaft zu absolvieren. Viele Unternehmen finanzieren ihren Mitarbeitern diese zusätzlichen Ausbildungen nach einiger Zeit im Unternehmen. An Hochschulen und Universitäten kannst Du in Forschung und Lehre als wissenschaftlicher Mitarbeiter oder später als Professor arbeiten ...“

Die Regel heute lautet vermehrt noch, dass „Bioniker/Bionikerin“ noch nicht so oft als Berufsbezeichnung in einer Stellenausschreibung angeführt wird. Gleiches trifft allerdings auch für PhysikerInnen oder NanotechnologInnen zu. Und so wie PhysikerInnen sollten auch BionikerInnen im Stande sein, durch ihr breites Kompetenz- und Anwendungsfeld sowie eine „eigene Art des Denkens“ (im Falle von PhysikerInnen das sprichwörtliche analytische Denkvermögen) berufliche Nischen zu erobern. Größere Unternehmen haben heute vielleicht noch keine eigene „Biomimetik Abteilung“, jedoch macht es Sinn, in einer Forschungs- oder Produktentwicklungsabteilung von 100 und mehr WissenschaftlerInnen und TechnikerInnen durchaus auch 1 oder 2 BionikerInnen aufzunehmen. Sie bringen eine neue Expertise, eine andere Art des Denkens, eine zusätzliche Innovationskraft in die Abteilung und das

Unternehmen. Das Biomimetik-Studium hat als spezialisierte Ausbildungsschiene andere Anforderungen als ein Massenstudium. AbsolventInnen werden sich jedoch in dieser Nische in den nächsten Jahren erhöhtem Bedarf gegenübersehen.

Auch Prof. Emeritus Werner Nachtigall weist im Experteninterview auf die Tatsache hin, dass in jenen Jahren, wo er noch in Saarbrücken Biomimetik unterrichtete, sich noch keine klare Nachfrage nach „dem Bioniker“ herauskristallisierte (2016). Er gibt jedoch zu bedenken, dass seine aktive Zeit schon einige Zeit her ist, und insbesondere Frau Prof. A. Kesel, Studiengangsleitung Biomimetik (Hochschule Bremen, Bachelor, Master), nicht nur von einer sehr großen Nachfrage, sondern auch von guten Berufschancen ihrer AbsolventInnen berichtet (Nachtigall, 2016). BiomimetikerInnen sind GeneralistInnen und entsprechen dem/der so oft von vielen Seiten erwünschten interdisziplinär ausgebildeten WissenschaftlerIn und IngenieurIn.

1.2 Qualifikationsziele/Lernergebnisse

Die AbsolventInnen des neuen internationalen Masterlehrgangs Bio-Inspired Engineering sind mithilfe einer breit angelegten, interdisziplinären naturwissenschaftlich-technischen Ausbildung auf die zuvor geschilderten vielfältigen beruflichen Herausforderungen vorbereitet – ob in Forschung und Entwicklung, Technologie- und Produktentwicklung, Konstruktion und Design, Prozess- und Produktoptimierung, die Gründung eines eigenen Unternehmens oder für die Unternehmensberatung.

Im Folgenden werden kurz die Kompetenzen zusammengefasst, welche sich die AbsolventInnen des Lehrgangs Bio-Inspired Engineering über die 4 Semester erwerben.

Sie kennen die wichtigsten historischen Entwicklungsschritte der Biomimetik – von den klassischen Ansätzen über den Stand der Technik bis hin zu den wesentlichen aktuellen Forschungsfeldern. Sie haben ein Verständnis für die ökologische Dimension der Biomimetik entwickelt und sind in der Lage, ein bio-inspiriertes Produkt und dessen Herstellungsverfahren kritisch auf dessen Nachhaltigkeit zu hinterfragen. Über die 4 Semester haben die AbsolventInnen die wichtigsten Grundlagen der 10 Teilgebiete inklusive der historischen Entwicklung der Biomimetik kennengelernt² – jedes Teilgebiet wird im Rahmen eines Moduls behandelt. Durch den sich ständig wiederholenden inhaltlichen Aufbau der Module („Biologie für Ingenieure“, Technische Prinzipien für die Biomimetik, „Biomimetik“ sowie den Praxis-Teil im Biomimetik-Lab) haben die AbsolventInnen gelernt, sich jedem Teilgebiet auf die gleiche Art und Weise zu nähern. Sie entwickeln das notwendige Verständnis für die zugrundeliegende Biologie, verstehen die technischen, naturwissenschaftlichen Prinzipien und Prozesse, sowie das Anwenden des biomimetischen Abstraktionsprozesses.

Im Rahmen des Lehrgangs wurden in folgenden Bereichen Grundlagenkenntnisse vermittelt: Biologisch: die AbsolventInnen kennen die, für ein fundiertes Verständnis der Biomimetik erforderlichen, Grundlagen der Botanik und Zoologie, der Molekular- und Neurobiologie, der Humanphysiologie, der Mikro- und Synthetischen Biologie, der theoretischen und der Evolutionsbiologie, der Selbstassemblierung und Molekulare Maschinen, der Ökologie und Nachhaltigkeit, sowie biologischer Systeme und Organisationsformen. Die AbsolventInnen kennen und verstehen die für die Biomimetik erforderlichen Begriffe, Prinzipien und Prozesse, und können diese in eigenen Worten fachgerecht wiedergeben.

Technisch/Naturwissenschaftlich: Die AbsolventInnen verfügen über die grundlegenden Kenntnisse in angewandter Festkörperphysik-, Mikro- und Nanotechnologie, Mechanik und Strömungslehre, Mechanik und Robotik, Photonik, Biomedizinischer Technik, Biotechnologie und Biochemie, Mathematischer

² Diese sind: Materialien und Strukturen, Formgestaltung und Design, Konstruktionen und Geräte, Bau und Klimatisierung, Robotik und Lokomotion, Sensoren und neuronale Steuerung, Anthro- und biomedizinische Technik, Verfahren und Abläufe, Evolution und Optimierung, Systemik und Organisation

Biologie, angewandten Computerwissenschaften sowie Kybernetik und Systems Engineering erworben. Auch hier kennen und verstehen die AbsolventInnen die für die Biomimetik erforderlichen Begriffe, Prinzipien und Prozesse, und können diese in eigenen Worten fachgerecht wiedergegeben. Aus der Symbiose dieser beiden genannten Perspektiven (der biologischen wie der technisch-naturwissenschaftlichen) folgt eine gemeinsame Sprache, welche eine interdisziplinäre Brücke zwischen der biologischen und der technischen Welt bildet – die AbsolventInnen sind befähigt, diese Sprache zu sprechen.

Aufbauend auf diesen beiden Grundlagenbereichen kann dann das Verständnis der Biomimetik systematisch vermittelt werden. Durch ständiges Wiederholen und Üben des biomimetischen Abstrahierungsprozesses an konkreten Fallbeispielen in allen Modulen haben die AbsolventInnen diesen Kernprozess verinnerlicht. Somit sind sie in der Lage, diesen auf ganz neue Fragestellungen anzuwenden.

Durch die breite biomimetische Ausbildung sind die AbsolventInnen im Stande, sich rasch in eines der Teilgebiete der Biomimetik einzuarbeiten. Zudem haben sie im Rahmen der Lab-Praktika wesentliche Methoden kennen gelernt, um die entsprechenden Fragestellungen wissenschaftlich korrekt und dem Stand der Technik entsprechend effizient und effektiv anzugehen. Sie kennen zudem die wichtigsten Analyseverfahren, können mittels CAD Programmen (SolidWorks) 2D und 3D Modelle entwerfen, diese mittels Finite Elemente Programm (Ansys) optimieren, und mithilfe von digitalen Fertigungssystemen (Fablab) Prototypen entwickeln und testen. Zudem können sie eigene kleinere bio-inspirierte Optimierungsprogramme mittels Python formulieren.

Über die 4 Semester verinnerlichen die AbsolventInnen zudem den Innovationsprozess – von der Ideenfindung über die Machbarkeitsstudie bis zum Herstellungsprozess; sie kennen die wesentlichen Herstellungsverfahren für die heute bekannten biomimetischen Produkte, deren Stärken und Schwächen, sowie deren Nachhaltigkeit.

Zu guter Letzt haben sich die AbsolventInnen im Rahmen ihrer Masterarbeit intensiv mit einer biomimetischen Forschungsfrage beschäftigt, und somit wichtige Grundlagen des wissenschaftlichen Arbeitens erworben.

2 ZUGANGSVORAUSSETZUNGEN

Der Master-Lehrgang Bio-Inspired Engineering ist als Executive-Lehrgang konzipiert. Neben den weiter unten benötigten akademischen Grundvoraussetzungen ist deshalb eine Berufserfahrung von zumindest 3 Jahren zum Zeitpunkt des Lehrgangsantritts nachzuweisen.

Die allgemeinen Zugangsvoraussetzungen regelt **§ 4 FHStG idgF** und **§ 9 FHStG idgF**; fachliche Zugangsvoraussetzung zu einem Fachhochschul-Master-Lehrgang ist demnach zumindest ein abgeschlossener facheinschlägiger Fachhochschul-Bachelorstudiengang oder der Abschluss eines gleichwertigen Studiums an einer anerkannten inländischen oder ausländischen postsekundären Bildungseinrichtung.

- 1) Als facheinschlägig gelten für den vorliegenden Antrag Abschlüsse, die die Kernfachbereiche Naturwissenschaften, Technik, und/oder Ingenieurwissenschaften beinhalten. Dabei ist ein Gesamtumfang der oben genannten Kernfachbereiche von zumindest 75% der Gesamt-Leistungspunkte des Vorstudiums erforderlich (z.B. 135 ECTS bei einem Bachelor mit 180 ECTS oder 90 ECTS bei einem Master mit 120 ECTS). Ausnahmen obliegen dem Ermessen der Lehrgangsleitung (z.B. Abschluss einer Höheren Technischen Lehranstalt (HTL) und Bachelor in einem Fachgebiet mit weniger als 75% der genannten Kernfachbereiche).
- 2) Die Unterrichts- und Prüfungssprachen für diesen Lehrgang ist Englisch. Für die Lehrgangsteilnahmen ist ein Nachweis des Kompetenz-Niveaus im Sinne des Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmens (GeR) von zumindest C1 oder darüber zu erbringen (z.B. TOEFL (IBT) von mind. 95 bzw. TOEFL ITP von mind. 627); dabei darf der Nachweis zum Zeitpunkt des Lehrgangsbeginns nicht älter als 10 Jahre sein. Davon ausgenommen sind Teilnehmer, deren Muttersprache Englisch ist, oder die zumindest 2 Semester im englischsprachigen Ausland studiert haben. In besonderen Fällen können Ausnahmen in Absprache mit der Lehrgangsleitung genehmigt werden (z.B. englischsprachige Veröffentlichungen des Bewerbers und Nachweis der Sprachkompetenz in Form eines intensiven persönlichen Gesprächs).
- 3) Die Überprüfung der Erfüllung der Zugangsvoraussetzungen obliegt der Lehrgangsleitung des Masterlehrgangs Bio-Inspired Engineering.
- 4) Für die Zertifikats-TeilnehmerInnen gelten die gleichen Zugangsvoraussetzungen.

3 CURRICULUM

3.1 Curriculumsdaten

Curriculums-Daten
(Je nach Organisationsform des Lehrgangs sind die Spalten "VZ" oder "BB" oder "VZ"+"BB" zu befüllen.)

	VZ	BB	Allfälliger Kommentar
Erstes Studienjahr (JJJ/JJ ₊₁)		2017/2018	
Regelstudiedauer (Anzahl Semester)		4	
Pflicht-SWS (Gesamtsumme aller Semester)		60	
LV-Wochen pro Semester (Wochenanzahl)		10 22	Wochen mit LV Mögliche LV-Wochen im Sem.
Pflicht-LVS (Gesamtsumme aller Semester)		900	
Pflicht-ECTS (Gesamtsumme aller Semester)		120	
WS Beginn (Datum, Anm.: ev. KW)		Anfang September	Korreliert unter anderem auch mit Semester-Beginn am MIT
WS Ende (Datum, Anm.: ev. KW)		Ende Jänner	
SS Beginn (Datum, Anm.: ev. KW)		Anfang Februar	Korreliert unter anderem auch mit Semester-Beginn am MIT
SS Ende (Datum, Anm.: ev. KW)		Ende Juli	
WS Wochen		22	
SS Wochen		22	
Verpflichtendes Auslandssemester (Semesterangabe)		nein	Ein verpflichtendes Auslandssemester ist nicht vorgesehen; im 4. Semester besteht die Möglichkeit eines Auslandsaufenthalts im Rahmen des Biomimetik Labs IV
Unterrichtssprache (Angabe)		Englisch	
Berufspraktikum (Semesterangabe, Dauer in Wochen je Semester)		nein	
Resultiert aus Zusammenführung der Studiengänge o. aus der Herauslösung aus dem Studiengang (StgKz; anzugeben nur bei Zusammenführung o. Herauslösung)			nein

3.2 Curriculums-Matrix

Term 1			
Moduls		LV	ECTS
Introduction to Biomimetics // Einführung in die Biomimetik	ITB		4
	ITB1	Biomimetrics: History and Basics in Biomimetics	2
	ITB2	Ecology and Sustainability	2
Materials and Structures // Materialien und Strukturen	MAS		9
	MAS1	Biology for Engineers: Botany, Zoology	3
	MAS2	Engineering Principles for Biomimetics: Solid State Physics, Nanotechnology	3
	MAS3	Biomimetics: Materials and Structures	3
Design, Construction & Building // Design, Konstruktion & Bau	DCB		9
	DCB1	Biology for Engineers: Botany, Zoology	3
	DCB2	Engineering Principles for Biomimetics: Mechanics and Mobility, Fluid Dynamics and Nanotechnology	3
	DCB3	Biomimetic: Styling & Design, Constructions & Equipment	3
Biomimetic-Lab 1 // Biomimetik-Lab 1	BL1		8
	BL1_1	Imaging Lab 1	2
	BL1_2	Computer Aided Design	2
	BL1_3	Simulation and Optimisation 1	2
	BL1_4	Rapid Prototyping & Manufacturing 1	2
			30

Term 2			
Moduls		LV	ECTS
Bimimetics as a Science // Biomimetik als angewandte Wissenschaft	BSI		4
	BSI1	Best Practice in Scientific Working	2
	BSI2	Biomimetic as a Science	2
Robotic and Locomotion // Robotik und Lokomotion	RLO		7
	RLO1	Biology for Engineers: Botany, Zoology	2
	RLO2	Engineering Principles for Biomimetics: Mechatronics and Robitic	2
	RLO3	Biomimetics: Locomotion and Robotics	3
Sensors and Neuronal Control // Sensoren und Neuronale Steuerungen	SNC		9
	SNC1	Biology for Engineers: Molecular- and Neuro-Biology	3
	SNC2	Engineering Principles for Biomimetics: Mechatronics and Photonics	3
	SNC3	Biomimetic: Sensor and Neuronal Control	3
Anthropo - and Biomedical Technology // Anthro- und biomedizinische Technik	ABT		6
	ABT1	Biology for Engineers: Human Physiology	2
	ABT2	Engineering Principles for Biomimetics: Biomedical Engineering	2
	ABT3	Biomimetics: Anthro- – and Biomedical Technology	2
Biomimetic-Lab 2 // Biomimetik-Lab 2	BL2		4
	BL2_1	Simulation and Optimisation 2	1
	BL2_2	Imaging Lab 2	1
	BL2_3	Rapid Prototyping & Manufacturing 2	2
			30

Term 3			
Moduls		LV	ECTS
Nature-inspired Innovation // Natur-Inspirierte Innovation	BIN		8
	BIN1	Technologie and Innovation Management	2
	BIN2	Product Development & Business Plan	3
	BIN3	Sustainable Production of biomemetic products	3
Methods, Processes and Structures // Verfahren und Abläufe	PAP		8
	PAP1	Biology for Engineers: Mico-Biology and Chemistry for Engineers	3
	PAP2	Engineering Principles for Biomimetics: Applied Micro- and Nanotechnology, Bio-Technology and Chemistry	3
	PAP3	Biomimetics: Procdured and Processes in Nature	2
Evolution and Optimisation // Evolution und Optimierung	EAO		6
	EAO1	Biology for Engineers: Theoretical & Evolutionary Biology, Self-Assembly & Molecular Machines	2
	EAO2	Engineering Principles for Biomimetics: Mathematical Biology & Applied Compute Science	2
	EAO3	Biomimetic: Evolution and Optimisation	2
Biomimetic-Lab 3 // Biomimetik-Lab 3	BL3		8
	BL3_1	Imaging Lab 3	2
	BL3_2	Programming	2
	BL3_3	Simulation and Optimisation 3	2
	BL3_4	Rapid Prototyping & Manufacturing 3	2
	BL3_5	Field Trips	2
			30

Term 4			
Moduls		LV	ECTS
Systemik and Organisation // Systemik und Organisation	SAO		6
	SAO1	Biology for Engineers: Systemics and Organisation	2
	SAO2	Engineering Principles for Biomimetics: System Engineering and Cybernetics	2
	SAO3	Biomimetics: Systemics and Organisation	2
Biomimetic-Lab 4 // Biomimetik-Lab 4	BL4		6
	BL4_a	Option 1: How to make (almost) anything	6
	BL4_b	Option 1: How to grow (almost) anything	
	BL4_c	Option 3: Field Trip "The rainforest of the Austrians" (Costa Rica)	
Master Thesis	MAT		18

3.3 Matrix ECTS/ SWS Aufteilung

1. Semester

LV-Nr	LV-Bezeichnung	LV-Typ	SWS	Anz.G rpe	ASWS	ALVS	Modul	ECTS
ITB1	Biomimetics: History & Basics in Biomimetics	VL	1,5	1	1,5	22,5	ITB	2
ITB2	Ecology and Sustainability	VL	1,5	1	1,5	22,5	ITB	2
MAS1	Biology for Engineers: Botany, Zoology	VL	2	1	2	30	MAS	3
MAS2	Engineering Principles for Biomimetics: Solid State Physics, Nanotechnology	VL	2	1	2	30	MAS	3
MAS3	Biomimetics: Materials and Structures	VL	2	1	2	30	MAS	3
DCB1	Biology for Engineers: Botany, Zoology	VL	2	1	2	30	DCB	3
DCB2	Engineering Principles for Biomimetics: Mechanics and Mobility, Fluid Dynamics and Nanotechnology	VL	1,6	1	1,6	24	DCB	3
DCB3	Biomimetic: Styling & Design, Constructions & Equipment	VL	2	1	2	30	DCB	3
BL1_1	Imaging Lab 1	UE	1,2	1	1,2	18	BL_1	2
BL1_2	Computer Aided Design	UE	1	1	1	15	BL_1	2
BL1_3	Simulation and Optimisation 1	UE	1	1	1	15	BL_1	2
BL1_4	Rapid Prototyping & Manufacturing 1	UE	1,2	1	1,2	18	BL_1	2
SUM			19	12	19	285		30

2. Semester

LV-Nr	LV-Bezeichnung	LV-Typ	SWS	Anz.G rpe	ASWS	ALVS	Modul	ECTS
BSI1	Best Practice in Scientific Working	VL	1	1	1	15	BSI	2
BSI2	Biomimetic as a Science	VL	1	1	1	15	BSI	2
RLO1	Biology for Engineers: Botany, Zoology	VL	1,5	1	1,5	22,5	RLO	2
RLO2	Engineering Principles for Biomimetics: Mechatronics and Robotic	VL	1,2	1	1,2	18	RLO	2
RLO3	Biomimetics: Locomotion and Robotics	VL	2	1	2	30	RLO	3
SNC1	Biology for Engineers: Molecular- and Neuro-Biology	VL	1,5	1	1,5	22,5	SNC	3
SNC2	Engineering Principles for Biomimetics: Mechatronics and Photonics	VL	2	1	2	30	SNC	3
SNC3	Biomimetic: Sensor and Neuronal Control	VL	2	1	2	30	SNC	3
ABT1	Biology for Engineers: Human Physiology	VL	1,2	1	1,2	18	ABT	2
ABT2	Engineering Principles for Biomimetics: Biomedical Engineering	VL	1,2	1	1,2	18	ABT	2
ABT3	Biomimetics: Anthro – and Biomedical Technology	VL	1,2	1	1,2	18	ABT	2
BL2_1	Simulation and Optimisation 2	UE	0,75	1	0,75	11,25	BL_2	1
BL2_2	Imaging Lab 2	UE	0,75	1	0,75	11,25	BL_2	1
BL2_3	Rapid Prototyping & Manufacturing 2	UE	1,2	1	1,2	18	BL_2	2
SUM			18,5	14	18,5	277,5		30

3. Semester

LV-Nr	LV-Bezeichnung	LV-Typ	SWS	Anz.G rpe	ASWS	ALVS	Modul	ECTS
BIN1	Technology and Innovation Management	VL	1	1	1	15	BIN	2
BIN2	Product Development & Businessplan	VL	1	1	1	15	BIN	3
BIN3	Sustainable Fabrication of Biomemetic Products	VL	1,5	1	1,5	22,5	BIN	3
PAP1	Biology for Engineers: Mico-Biology and Chemistry for Engineers	VL	2	1	2	30	PAP	3
PAP2	Engineering Principles for Biomimetics: Applied Micro- and Nanotechnology, Bio-Technology and Chemistry	VL	2	1	2	30	PAP	3
PAP3	Biomimetics: Procedures and Processes in Nature	VL	1,5	1	1,5	22,5	PAP	2
EAO1	Biology for Engineers: Theoretical & Evolutionary Biology, Self-Assembly & Molecular Machines	VL	1,2	1	1,2	18	EAO	2
EAO2	Engineering Principles for Biomimetics: Mathematical Biology & Applied Computer Science	VL	1,5	1	1,5	22,5	EAO	2
EAO3	Biomimetic: Evolution and Optimisation	VL	1	1	1	15	EAO	2
BL3_1	Imaging Lab 3	UE	1	1	1	15	BL_3	2
BL3_2	Programing	UE	1	1	1	15	BL_3	2
BL3_3	Simulation and Optimisation 3	UE	1	1	1	15	BL_3	2
BL3_4	Rapid Prototyping & Manufacturing 3	UE	1,2	1	1,2	18	BL_3	2
SUM			16,9	13	16,9	253,5		30

4. Semester

LV-Nr	LV-Bezeichnung	LV-Typ	SWS	Anz.G rpe	ASWS	ALVS	Modul	ECTS
SAO1	Biology for Engineers: Systemics and Organisation	VL	1	1	1	15	SAO	2
SAO2	Engineering Principles for Biomimetics: System Engineering and Cybernetics	VL	1	1	1	15	SAO	2
SAO3	Biomimetics: Systemics and Organisation	VL	1	1	1	15	SAO	2
BL4_a	Option 1: How to make (almost) anything	UE			0		BL_4	6
BL4_b	Option 2: How to grow (almost) anything	UE			0			
BL4_c	Option 3: Field Trip "The rainforest of the Austrians" (Costa Rica)	Excursion			0			
BL4_d	Option 4: Inclusive Case Study	ILV	2	1	2	30		
MAT	Master Thesis		0,6	15	9	9	MAT	18
SUM			5,6	19	14	84		30

3.4 Modulbeschreibungen

Semester 1 (30 ECTS) - Ziele: Hinführen zum Thema Biomimetik, Entwickeln einer gemeinsamen Sprache, Vermitteln von Grundlagen der Biomimetik (Schwerpunkt Biologie, Physik)			
Module ITB (4 ECTS) Introduction to Biomimetics ITB1 Biomimetics: History and Basics (VL/3) ITB3 Ecology & Sustainability (VL/2)			
	Module MAS (9 ECTS) Materials & Structures MAS1 Biology for Engineers: Botany, Zoology (VL/3) MAS2 Engineering Principles for Biomimetics: Solid State Physics, Nanotechnology (VL/3) MAS3 Biomimetics: Materials and Structures (VL/3)	Module DCB (9 ECTS) Design, Constructions & Building DCB1 Biology for Engineers: Botany, Zoology for Engineers (VL/3) DCB2 Engineering Principles for Biomimetics: Mechanics & Mobility, Fluid dynamics & Nanotech. (VL/3) DCB3 Biomimetics: Styling & Design, Constructions & Equipment (VL/3)	
			Module BL1 (8 ECTS) Biomimetics Lab 1 BL11 Imaging Lab 1 (UE/2) BL12 Computer Aided Design (UE/2) BL13 Simulation & Optimization 1 (UE/2) BL14 Rapid Prototyping & Manufacturing 1 (UE/2)
Semester 2 (30 ECTS) - Ziele: Entwickeln eines Verständnisses für Bionik als Wissenschaft, Vermitteln von weiteren Grundlagen der Biomimetik (Schwerpunkt Biologie, Elektronik, Informatik), Entwickeln von wissenschaftlichen Fähigkeiten zur Analyse, Simulation, Transformation, Prototypenfertigung, Mess- & Prüftechnik			
Module BSI (4 ECTS) Biomimetics as a Science BSI1 Best Practice in Scientific Working (VL/2) BSI2 Biomimetics as a Science (VL/2)			
	Module RLO (7 ECTS) Robotic and Locomotion RLO1 Biology for Engineers: Botany, Zoology (VL/2) RLO2 Engineering Principles for Biomimetics: Mechatronics and Robotics (VL/2) RLO3 Biomimetics: Locomotion and Robotics (VL/3)	Module SNC (9 ECTS) Sensors & Neuronal Control SNC1 Biology for Engineers: Molecular- and Neuro-Biology (VL/3) SNC2 Engineering Principles for Biomimetics: Mechatronics and Photonics (VL/3) SNC3 Biomimetics: Sensor and Neuronal Control (VL/3)	
		Module ABT (6 ECTS) Anthro & Biomedical Technology ABT1 Biology for Engineers: Human Physiology (VL/2) ABT2 Engineering Principles for Biomimetics: Biomedical Eng. (VL/2) ABT3 Biomimetics: (VL/2)	Module BL2 (4 ECTS) Biomimetics Lab 2 BL21 Simulation and Optimization 2 (using Finite Elements) (UE/1) BL22 Imaging Lab 2 (UE/1) BL23 Rapid Prototyping and Manufacturing (UE/2)
Semester 3 (30 ECTS) - Ziele: Prozess- und Verfahrensentwicklung zur nachhaltigen Fertigung von biomimetischen Produkten; Verstehen des Innovationsprozesses und der Herausforderungen der Produktentwicklung; Vermitteln von weiteren Grundlagen der Biomimetik			
Module BIN (8 ECTS) Bio-Inspired Innovation BIN1 Technology- und Innovation-Management (VL/2) BIN2 Product Development & Business-Plan (VL/3) BIN3 Sustainable Fabrication of bio-inspired Products (VL/3)			
	Module PAP (8 ECTS) Procedures and Processes PAP1 Biology for Engineers: Micro-, Molecular & Synthetic Biology (VL/3) PAP2 Engineering Principles for Biomimetics: Applied Micro- & Nanotechnology; Bio-Technology & Chemistry (VL/3) PAP3 Biomimetics: Procedures and Processes in Nature (VL/2)	Module EAO (6 ECTS) Evolution & Optimization EAO1 Biology for Engineers: Theoretical & Evolutionary Biology, Self-Assembly, & Molecular Machines (VL/2) EAO2 Engineering Principles for Biomimetics: Mathematical Biology & Applied Computer Sciences (VL/2) EAO3 Biomimetics: Evolution and Optimization (VL/2)	
			Module BL3 (8 ECTS) Biomimetics Lab 3 BL31 Imaging Lab 3 (UE/2) BL32 Programming-Lab (UE/2) BL33 Simulation and Optimization 3 (using finite elements) (UE/2) BL34 Rapid Prototyping & Manufacturing 3 (UE/2)
Semester 4 (30 ECTS) - Ziele: Vertiefung der Fertigungskennntnisse; Vermitteln von weiteren Grundlagen der Biomimetik, Masterarbeit			
	Module MAT (18 ECTS) Master Theses	Module SAO (6 ECTS) Systemics and Organization SAO1 Biology for Engineers: Systemics and Organization (VL/2) SAO2 Engineering Principles for Biomimetics: Systems engineering and Cybernetics (VL/2) SAO3 Biomimetics: Systemics und Organization (VL/2)	Module BL4 (6 ECTS) Biomimetics Lab 4 UE Option 1: How to make (almost) anything UE Option 2: How to grow (almost) anything Option 3: Field Trip "The Rainforest of the Austrians" (Costa Rica) Option 4: Inclusive Case Study

Obenstehende Tabelle zeigt die 4 Semester sowie die 16 Module des Masterlehrgangs Bio-Inspired Engineering im Überblick. Die vertikale Achse entspricht dabei einer Zeitachse, daraus wird das zeitliche Zusammenspiel der Module ersichtlich. Rechts ist das jeweilige Lab-Modul zu

finden, im mittleren Bereich finden sich die jeweiligen Fach-Module wieder. Zudem können die Abkürzungen der Module und Submodule entnommen werden, welche sich in der nun folgenden Modul-Detailbeschreibung wiederfinden.

3.4.1 Semester 1

Modulnummer: ITB	Modultitel: Introduction to Biomimetics (4 ECTS / English) <i>Einführung in die Biomimetik</i>
Lehrgang	Bio-Inspired Engineering
Lage im Curriculum	1. Semester / 1st Term
Zuordnung zu den Teilgebieten	Biomimetik
Niveaustufe	Einführung
Vorkenntnisse	-
Geblockt	ja
Kreis der Teilnehmer	Lehrgangs- und Zertifikats-TeilnehmerInnen
Beitrag zu nachfolgenden Modulen	MAS, SDCE , sowie alle Module Semester 2, 3 und 4
Literaturempfehlung	<p><u>Biomimetics: History and Basics</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Bar-Cohen, Yoseph. <i>Biomimetics: Nature-based innovation</i>. CRC press, 2011. • Lorenz, Konrad, and Marjorie Kerr Wilson. <i>King Solomon's ring: new light on animal ways</i>. Psychology Press, 2002. • Nachtigall, Werner, and Alfred Wisser. <i>Bionics by Examples</i>. Springer, 2015. <p><u>Ecology and Sustainability</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Smith, Thomas M. and Smith, Robert Leo. <i>Elements of Ecology</i> (8th Edition), 2012 • Zipf, George Kingsley. <i>Human behavior and the principle of least effort: An introduction to human ecology</i>. Ravenio Books, 2016.
MOOCs	<p><u>Ecology and Sustainability</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to Environmental Science (Dartmouth)

Kompetenzerwerb	<p><u>Biomimetics: History and Basics</u></p> <p>Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen die „Vor- und Frühgeschichte“, die „Klassik“ und die „Moderne“ der Biomimetik • Können anhand von historischen Beispielen (Cases) den biomimetischen Prozess nachvollziehen, verstehen und erklären • Kennen die wichtigsten Begriffe der Biomimetik • Verstehen die wesentlichen Konzepte & Prinzipien der Biomimetik • Kennen die Grundlagen der Evolutionstheorie und Genetik • Verstehen die Abgrenzung zu Nachbarsdisziplinen wie technische Biologie und Biotechnologie • Verstehen der Bedeutung der Funktionsanalogie • Haben einen Überblick über das Biomimetik-Studium <p><u>Ecology and Sustainability</u></p> <p>Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen die Grundlagen der Ökologie • Verstehen die wichtigsten ökologischen Zusammenhänge • Kennen die Grundlagen der Nachhaltigkeit • Verstehen die Herausforderung einer nachhaltigen Produktentwicklung und industriellen Fertigung von biomimetischen Produkten • Sind in der Lage, biomimetische Produkte auf ihre Nachhaltigkeit kritisch zu hinterfragen
-----------------	--

Titel der Lehrveranstaltung	Biomimetics: History and Basics
Umfang	2 ECTS
Lage im Curriculum	1. Semester/Modul ITB
Lehr- und Lernformen	Vorlesung
Prüfungsmodalitäten	Klausur Modul ITB
Lehrinhalte	<p>Kritisches Hinterfragen von historischen Beispielen (Cases) aus der</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vorgeschichte, • Frühgeschichte, • Klassik und • Moderne der Biomimetik <p>Einführung Biomimetik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundbegriffe der Biomimetik • Bionisches Vorgehen: Konzepte & Prinzipien der Biomimetik • Funktionsanalogien • Grundlagen der Evolutionstheorie und Genetik • Einordnung in die wissenschaftliche Umgebung und Abgrenzung zu den Disziplinen Biologie und Biotechnologie • Überblick über das Biomimetik-Studium
Titel der Lehrveranstaltung	Ecology and Sustainability
Umfang	2 ECTS
Lage im Curriculum	1. Semester/Modul ITB
Lehr- und Lernformen	Vorlesung
Prüfungsmodalitäten	Klausur Modul ITB

Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Ökologie • Ökologische Systeme, Prozesse und Zusammenhänge • Grundlagen der Nachhaltigkeit • Herausforderung einer nachhaltigen Produktentwicklung und industriellen Fertigung von biomimetischen Produkten <p><u>Case Studies:</u> Nachhaltigkeit von biomimetischen Produkte <u>MOOCs:</u> MOOC-Reflexion: Introduction to Environmental Science (Dartmouth)</p>
-------------	---

Modulnummer: MAS	Modultitel: Materials and Structures (9 ECTS / English) <i>Materialien und Strukturen</i>
Lehrgang	Bio-Inspired Engineering
Lage im Curriculum	1. Semester / 1st Term
Zuordnung zu den Teilgebieten	Erstes Teilgebiet der Biomimetik (Biologische, technische, biomimetische und praktische Grundlagen)
Niveaustufe	Einführung
Vorkenntnisse	-
Geblockt	ja
Kreis der Teilnehmer	Lehrgangs- und Zertifikats-TeilnehmerInnen
Beitrag zu nachfolgenden Modulen	BL1
Literaturempfehlung	<p><u>Biology for Engineers: Botany, Zoology</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mauseth, James. D. <i>Botany: An Introduction to Plant Biology</i>. Jones & Bartlett Learning; 5 edition (September 11, 2012). • Stephen and Harley, John. <i>Zoology</i>. McGraw-Hill Education; 9 edition (2012) <p><u>Engineering Principles for Biomimetics: Solid State Physics, Nanotechnology</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Brodie, Ivor, and Julius J. Muray. <i>The physics of micro/nano-fabrication</i>. Springer Science & Business Media, 2013. • Kittel, Charles. <i>Introduction to Solid State Physics</i>. Wiley, 8th edition (2004) <p><u>Biomimetics: Materials and Structures</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Bar-Cohen, Yoseph. <i>Biomimetics: Nature-based innovation</i>. CRC press, 2011. • Nachtigall, Werner, and Alfred Wisser. <i>Bionics by Examples</i>. Springer, 2015.

<p>MOOCs</p>	<p><u>Biology for Engineers: Botany, Zoology</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to Biology - The Secret of Life (MIT) <p><u>Engineering Principles for Biomimetics: Solid State Physics, Nanotechnology</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Elements of Structures (MIT) <p><u>Biomimetics; Materials and Structures</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Cellular Solids 1: Structures, Properties and Engineering Applications (MIT)
<p>Kompetenzerwerb</p>	<p><u>Biology for Engineers: Botany, Zoology</u> Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen die für die Biomimetik erforderlichen Grundlagen der Botanik – Pflanzenmorphologie, Pflanzenphysiologie, Pflanzensystematik, Geo- und Feldbotanik (in Hinblick auf die Biomimetik)
	<ul style="list-style-type: none"> • Haben ein grundlegendes Verständnis und einen Überblick über botanische Vorbilder in Punkto „bio-inspirierte Materialien und Strukturen“ • Kennen die für die Biomimetik erforderlichen Grundlagen der Allgemeinen und der Speziellen Zoologie sowie der Systematik/Taxonomie • Haben ein grundlegendes Verständnis und einen Überblick über zoologische Vorbilder in Punkto „bio-inspirierte Materialien und Strukturen“ <p><u>Engineering Principles for Biomimetics: Solid State Physics, Nanotechnology</u> Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen die für die Biomimetik erforderlichen Grundlagen der angewandte Festkörper- und Oberflächen-/Grenzflächenphysik • Kennen die wichtigsten physikalischen Eigenschaften und verstehen die wichtigsten Mechanismen und Verfahren, wie diese beeinflusst werden können • Kennen und verstehen die für die Biomimetik erforderlichen Grundlagen der angewandte Mikro- und Nanotechnologie • Kennen die Grundlagen der Bio-Photonik • Verstehen die Möglichkeiten von quantenmechanischen Phänomene für neue Materialeigenschaften • Haben ein Grundverständnis für wichtige Prozesse wie Selbstorganisation, Nanoschichten und Nanokomposite <p><u>Biomimetics: Materials and Structures</u> Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen der wichtigsten Beispiele im Bereich bioinspirierter Materialien und Strukturen • Können den biomimetischen Abstrahierungsprozess anhand von Beispielen nachvollziehen • Können einfache biomimetische Anwendungen und deren Herstellungsverfahren kritisch auf deren Nachhaltigkeit hinterfragen

Titel der Lehrveranstaltung	Biology for Engineers: Botany, Zoology
Umfang	3 ECTS
Lage im Curriculum	1. Semester/Modul MAS
Lehr- und Lernformen	Vorlesung, eLearning
Prüfungsmodalitäten	Klausur Modul MAS + Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Botanik – Pflanzenmorphologie, Pflanzenphysiologie, Pflanzensystematik, Geo- und Feldbotanik (in Hinblick auf das Modul MAS) • Biologische Vorbilder - Gemeinsames Erarbeiten eines Portfolios von botanischen Vorbildern in Punkto „Materialien und Strukturen“ • Grundlagen der Allgemeinen und der Speziellen Zoologie sowie der Systematik/Taxonomie • Biologische Vorbilder - Gemeinsames Erarbeiten eines Portfolios von zoologischen Vorbildern in Punkto „Materialien und Strukturen“ • Exkursion (Botanischer Garten) • Analytik Lab (Mikroskopie)
	<ul style="list-style-type: none"> • MOOC-Reflexion "Introduction to Biology - The Secret of Life" (MIT)
Titel der Lehrveranstaltung	Engineering Principles for Biomimetics: Solid State Physics, Nanotechnology
Umfang	3 ECTS
Lage im Curriculum	1. Semester/Modul MAS
Lehr- und Lernformen	Vorlesung, eLearning
Prüfungsmodalitäten	Klausur Modul MAS + Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der angewandte Festkörper- und Oberflächen-/Grenzflächenphysik • Vermitteln der wichtigsten physikalischen Eigenschaften • Vermitteln der wichtigsten Mechanismen und Verfahren zur Beeinflussung von physikalischen Eigenschaften • Grundlagen der angewandte Mikro- und Nanotechnologie • Grundlagen der Bio-Photonik • Vermitteln der Möglichkeiten von quantenmechanischen Phänomenen für neue Materialeigenschaften • Vermitteln eines Grundverständnisses für wichtige Prozesse wie Selbstorganisation, Nanoschichten, Nanokomposite, etc. • MOOC-Reflexion: "Elements of Structures" (MIT)
Titel der Lehrveranstaltung	Biomimetics: Materials and Structures
Umfang	3 ECTS
Lage im Curriculum	1. Semester/Modul MAS
Lehr- und Lernformen	Vorlesung, E-Learning
Prüfungsmodalitäten	Klausur Modul MAS + Assignments

Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Bioinspirierte Materialien und Strukturen anhand von Beispielen verstehen: Beispiele hierfür sind: Biopolymere, Monomere, Biokompatible Materialien, Verbundwerkstoffe, Komposite, Selbstreparierende Verbundwerkstoffe, Seide, Byssus (Muschelseide), Biobasierende Naturfaserverbundwerkstoffe, Biobasierte und biologisch abbaubare Kunststoffe, Algenbasierende und Pilzbasierende Materialien, Biomaterialien aus Abfällen (z.B. Chitin, Zellulose, Polymilchsäure etc.) • Der biomimetische Abstrahierungsprozess und dessen Anwendung • Kritische Analyse der Nachhaltigkeit von biomimetischen Anwendungen und deren Herstellungsverfahren • Exkursionen • Analytik Lab • MOOC Reflexion: "Cellular Solids 1: Structures, Properties and Engineering Applications" (MIT)
-------------	---

Modulnummer: DCB	Modultitel: Design, Constructions & Building (Styling & Design, Constructions & Equipment, Building & Climatization) (9 ECTS / English) <i>Formgestaltung, Design, Konstruktion & Geräte, Bau und Klimatisierung</i>
Lehrgang	Bio- Inspired Engineering
Lage im Curriculum	1. Semester / 1st Term
Zuordnung zu den Teilgebieten	Zweites, drittes und viertes Teilgebiet der Biomimetik (Biologische-, Technische, Biomimetische- und praktische Grundlagen)
Niveaustufe	Einführung
Vorkenntnisse	
Geblockt	ja
Kreis der Teilnehmer	Lehrgangs- und Zertifikats-TeilnehmerInnen
Beitrag zu nachfolgenden Modulen	BL1

<p>Literaturempfehlung</p>	<p><u>Biology for Engineers: Botany, Zoology for Engineers</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mauseth, James. D. <i>Botany: An Introduction to Plant Biology</i>. Jones & Bartlett Learning; 5 edition (September 11, 2012). • Miller, Stephen and Harley, John. <i>Zoology</i>. McGraw-Hill Education; 9 edition (2012) <p><u>Engineering Principles for Biomimetics: Mechanics and Mobility, Fluid Dynamics and Nanotechnology</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Anderson Jr., John D. <i>Fundamentals of Aerodynamics</i>. McGraw-Hill Education; 5th edition (2010). • Munson, Bruce R.; Rothmayer, Alric P., Okiishi, Theodore H.; Huebsch, Wade W. <i>Fundamentals of Fluid Mechanics</i>. Wiley; 7 edition (2012). • Rogers, Ben, Adams, Jesse and Pennathur, Sumita. <i>Nanotechnology: Understanding Small Systems</i> (Mechanical and Aerospace Engineering Series). CRC Press; 3 edition (2014) <p><u>Biomimetics: Styling & Design, Constructions & Equipment</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Bar-Cohen, Yoseph. <i>Biomimetics: Nature-based innovation</i>. CRC press, 2011. • G. Pohl und W. Nachtigall. <i>Biomimetics for Architecture & Design: Nature – Analogies – Technology</i>. Springer International Publishing, Switzerland, 2nd Edition (2015). • Goel, Ashok K., Daniel A. McAdams, and Robert B. Stone. <i>Biologically Inspired Design</i>. Springer, 2015.
<p>MOOCs</p>	<p><u>Biology for Engineers: Botany, Zoology for Engineers</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to Biology - The Secret of Life (MIT) <p><u>Engineering Principles for Biomimetics: Mechanics and Mobility, Fluid Dynamics and Nanotechnology</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to Aerodynamics (MIT)
	<p><u>Biomimetics: Styling & Design, Constructions & Equipment</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Cellular Solids Part 3: Applications in Nature (MIT)

<p>Kompetenzerwerb</p>	<p><u>Biologie für Ingenieure: Botanik, Zoologie</u></p> <p>Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen die für die Biomimetik erforderlichen Grundlagen der Botanik – Pflanzenmorphologie, Pflanzenphysiologie, Pflanzensystematik (insbesondere in Hinblick auf dieses Modul) • Haben ein grundlegendes Verständnis und einen Überblick über <u>botanische</u> Vorbildern in Punkto „bio-inspired Styling & Design“ sowie „bio-inspired Constructions & Equipment“ (z.B. Leichte Strukturen, biologische Stütz- und Hüllenstrukturen, etc.) • Kennen und verstehen die für die Biomimetik erforderlichen Grundlagen der zoologischen Teilbereiche Morphologie, Anatomie und Physiologie • Haben ein grundlegendes Verständnis und einen Überblick über <u>zoologische</u> Vorbildern in Punkto „bio-inspired Styling & Design“ sowie „bio-inspired Constructions & Equipment“ (z.B. Leichte Strukturen, biologische Stütz- und Hüllenstrukturen, etc.) <p><u>Engineering Principles for Biomimetics: Mechanics and Mobility, Fluid Dynamics and Nanotechnology</u></p> <p>Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen die für die Biomimetik erforderlichen Grundlagen der Mechanik und Dynamik • Kennen und verstehen die für die Biomimetik erforderlichen Grundlagen der Strömungslehre • Kennen und verstehen die für die Biomimetik erforderlichen Grundlagen der Aerodynamik • Kennen und verstehen die für die Biomimetik erforderlichen Grundlagen der Nanotechnologie <p><u>Biomimetics: Styling & Design, Constructions & Equipment</u></p> <p>Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen der wichtigsten Beispiele im Bereich bio-inspirierte Formgestaltung und Design • Kennen und verstehen der wichtigsten Beispiele im Bereich bio-inspirierter Konstruktionen und Geräte • Können den biomimetischen Abstrahierungsprozess anhand von spezifischen Beispielen nachvollziehen • Können einfache biomimetische Anwendungen und deren Herstellungsverfahren kritisch auf deren Nachhaltigkeit hinterfragen
<p>Titel der Lehrveranstaltung</p>	<p>Biologie für Ingenieure: Botanik, Zoologie</p>
<p>Umfang</p>	<p>3 ECTS</p>
<p>Lage im Curriculum</p>	<p>1. Semester/Modul DCB</p>
<p>Lehr- und Lernformen</p>	<p>Vorlesung, E-Learning</p>
<p>Prüfungsmodalitäten</p>	<p>Klausur Modul DCB + Assignments</p>

Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Botanik für Ingenieure – Pflanzenmorphologie, Pflanzenphysiologie und Pflanzensystematik mit Fokus auf die Erfordernisse der Biomimetik sowie des Moduls SDCE • Gemeinsames Erarbeiten eines Portfolios von <u>botanischen Vorbildern</u> in Punkto „Styling & Design“ anhand von Beispielen (z.B. Leichte Strukturen, biologische Stütz- und Hüllenstrukturen, etc.) • Gemeinsames Erarbeiten eines Portfolios von <u>botanischen Vorbildern</u> in Punkto „Constructions & Equipment“ anhand von Beispielen (z.B. Leichte Strukturen, biologische Stütz- und Hüllenstrukturen, etc.). • Grundlagen der zoologischen Teilbereiche Morphologie, Anatomie und Physiologie • Gemeinsames Erarbeiten eines Portfolios von <u>Zoologischen Vorbildern</u> in Punkto „Styling & Design“ (z.B. Leichte Strukturen, biologische Stütz- und Hüllenstrukturen, etc.) • Gemeinsames Erarbeiten eines Portfolios von <u>Zoologischen Vorbildern</u> in Punkto „Constructions & Equipment“ (z.B. Leichte Strukturen, biologische Stütz- und Hüllenstrukturen, etc.) • Exkursion • Analytik Lab (Mikroskopie) • MOOC-Reflexion "Introduction to Biology - The Secret of Life" (MIT)
Titel der Lehrveranstaltung	Engineering Principles for Biomimetics: Mechanics and Mobility, Fluid Dynamics and Nanotechnology
Umfang	3 ECTS
Lage im Curriculum	1. Semester/Modul DCB
Lehr- und Lernformen	Vorlesung, eLearning
Prüfungsmodalitäten	Klausur Modul DCB + Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Mechanik und Dynamik für die Biomimetik (Statik, Newtonsche Bewegungsgleichungen in 3 Dimensionen, harmonischer Oszillator, erzwungene Schwingung, Resonanz, etc.) • Grundlagen der Strömungslehre für die Biomimetik (Flüssigkeiten und Fluidmechanik) • Grundlagen der Aerodynamik für die Biomimetik (Auftrieb, Widerstand, Anstellwinkel, Strömungsabriss, etc.) • Grundlagen der Nanotechnologie für die Biomimetik (Mikro- und Nanosysteme) • MOOC-Reflexion <ul style="list-style-type: none"> - Introduction to Aerodynamics (MIT) - Dynamics (MIT) - Elements of Structures (MIT) - Symmetry, Structure and Tensor Properties of Materials (MIT)
Titel der Lehrveranstaltung	Biomimetics: Styling & Design, Constructions & Equipment
Umfang	3 ECTS
Lage im Curriculum	1. Semester/Modul DCB
Lehr- und Lernformen	Vorlesung, eLearning
Prüfungsmodalitäten	Klausur Modul DCB + Assignments

<p>Lehrinhalte</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung in biologische Strukturen (Nichtfunktionelle vs. Funktionelle Formgestaltung, Bio/Nature inspired design, etc.) • Case Studies „Bio-inspirierte Formgestaltung und Design“ • Einführung in „Konstruktion und Geräte“ (Konstruktions- morphologie Leichtbau, verbesserte physikalische Eigenschaften – z.B. durch funktionelle technische Schichten und hierarchische Mikrostrukturen; wie sind komplexe biologische Systeme aufgebaut, Zusammenspiel der Konstruktionselemente, Anregungen für die Verbindungs-, Stütz-, Pump-, Turbinen- und Förder- technik, Hydraulik, Energiesysteme, Mikrorobotik, Verstauprinzipien, etc.) • Einführung in „Bau & Klimatisierung“ (Tierbauten, natürliche Konstruktionsprinzipien, Leichtbau, Flächendeckung- und Hüllenkonstruktionen, Flächennutzung, Flächenoptimierung, Baubionik. Biomorphe vs. Bionischer Architektur, Multifunktionalität, Diatomeen, Superhydrophil, hydrophob, Selbst- reinigende Oberflächen, Biogene Fasern für Textilien, Biomimetik für Architektur und Gebäude, Natürliche Funktionen, Hierarchische Strukturen, Symbiotische Bauweise, Verwendung von porösen Materialien, Phasenwechselmaterialien, neuartige Grundrisse, neue Impulse für die Bauindustrie bzgl. Nachhaltigkeit, Energietechnik und Ressourcenverbrauch, Pneu-Prinzip, Tensairity Prinzip, Selbstheilung, Textilien für die Wärmedämmung, Strukturfarben für optische Effekte, Wärmeschutz, Markierung, Biegedrillknicken, etc.) • Case Studies „bio-inspirierter Konstruktionen und Geräte“ • Üben und selbständiges Anwenden des biomimetischen Abstrahierungsprozesses anhand von Cases • Nachhaltigkeit von biomimetische Anwendungen und deren Herstellungsverfahren • Exkursion • Analytik Lab (Mikroskopie) • MOOC-Reflexion "Cellular Solids Part 3: Applications in Nature" (MIT)
--------------------	---

Modulnummer: BL1	Modultitel: Biomimetics Lab 1 (8 ECTS / English) <i>Biomimetik Lab 1</i>
Lehrgang	Bio- Inspired Engineering
Lage im Curriculum	1. Semester / 1st Term
Zuordnung zu den Teilgebieten	<u>Lab und Praxisteil</u> für die Module MAS und SDCE
Niveaustufe	Einführung
Vorkenntnisse	MAS, SDCE
Geblockt	ja
Kreis der Teilnehmer	Lehrgangs- und Zertifikats-TeilnehmerInnen
Beitrag zu nachfolgenden Modulen	
Literaturempfehlung	<p><u>Imaging Lab 1</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Robinson, David G., et al. Methods of preparation for electron microscopy: an introduction for the biomedical sciences. Springer Science & Business Media, 2012. • Nachtigall, Werner. Exploring with the Microscope (A Book of Discovery & Learning). Sterling (1997) <p><u>Computer Aided Design</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Schilling, Paul, and Randy Shih. Parametric Modeling with SOLIDWORKS 2015. SDC Publications, 2015. • Shih, Randy. Learning SolidWorks 2015. Sdc Publications, 2015. <p><u>Simulation and Optimization 1</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Bendsoe, Martin Philip, and Ole Sigmund. Topology optimization: theory, methods, and applications. Springer Science & Business Media, 2013. • Haupt, Randy L., and Sue Ellen Haupt. Practical genetic algorithms. John Wiley & Sons, 2004. • Madenci, Erdogan, and Ibrahim Guven. The finite element method and applications in engineering using ANSYS®. Springer, 2015. • Mitchell, Melanie. An introduction to genetic algorithms. MIT press, 1998. <p><u>Rapid Prototyping & Manufacturing 1</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Gershenfeld, Neil. <i>Fab: the coming revolution on your desktop--from personal computers to personal fabrication</i>. Basic Books, 2008. • Pham, Duc, and Stefan S. Dimov. Rapid manufacturing: the technologies and applications of rapid prototyping and rapid tooling. Springer Science & Business Media, 2012. • Venuvinod, Patri K., and Weiyin Ma. Rapid prototyping: laser-based and other technologies. Springer Science & Business Media, 2013.
MOOCs-Empfehlungen	<p><u>Simulation and Optimization 1</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to Computer Science (Harvard) • Hands-on Introduction to Engineering Simulations (Cornell)
Kompetenzerwerb	<u>Imaging Lab 1</u>

	<p>Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen die Funktionsweise, Einsatzgebiete, Möglichkeiten, Einschränkungen und Präparationstechniken der wesentlichen bildgebenden Analyseverfahren für Biomimetiker (Lichtmikroskop, 3D-Mikroskopie, REM, Micro CT, OCT, MRI, Ultraschall) • Sind in der Lage, selbständig an oben genannten Systemen zu arbeiten (z.B. 3D-Lichtmikroskop, REM, Mikro-CT) • Sind in der Lage, mithilfe dieser Systeme gezielt Geometrien digital zu erfassen <p><u>Computer Aided Design</u></p> <p>Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen die Möglichkeiten von modernen CAD-Programmen • Sind in der Lage, selbständig auch komplexere Skizzen aus dem Bereich Biomimetik mithilfe eines CAD-Programms (SolidWorks) in 3D-Designs (Stichwort: funktional & parametrisiert) umzuwandeln <p><u>Simulation and Optimization 1</u></p> <p>Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen die Möglichkeiten von modernen Simulations- und Optimierungsprogrammen • Kennen und verstehen die Grundlagen, Möglichkeiten und Einschränkungen der Simulation und Optimierung mittels Finiter Elemente • Sind in der Lage, einfachere Simulations- und Optimierungsaufgaben (z.B. Topologieoptimierung) aus dem Bereich Biomimetik mithilfe eines Finite Elemente Programms (Ansys) zu simulieren und zu optimieren (Stichworte: Computer Aided Optimization, Soft Kill Option) <p><u>Rapid Prototyping & Manufacturing 1</u></p> <p>Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen die Grundlagen, Möglichkeiten und Einschränkungen der additiven Fertigung • Kennen und verstehen die Grundlagen, Möglichkeiten und Einschränkungen der Prototypenfertigung im Fablab (z.B. 3D Druck, 3D Scan, Laser Cutting, CNC-Fräsen, Robotic assisted Design, Stereolithographie, etc.) • Sind in der Lage, selbständig im Fablab biomimetische Prototypen zu fertigen und zu testen
Titel der Lehrveranstaltung	Imaging Lab 1
Umfang	2 ECTS
Lage im Curriculum	1. Semester Modul/BL1
Lehr- und Lernformen	Übung, eLearning
Prüfungsmodalitäten	Projektarbeit BL1 + Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Funktionsweise, Einsatzgebiete, Möglichkeiten, Einschränkungen und Präparationstechniken der wesentlichen bildgebenden Analyseverfahren für BiomimetikerInnen (Lichtmikroskop, 3D-Mikroskopie, REM, Micro CT, OCT, MRI, Ultraschall) • Einführung in die sichere Bedienung einer Auswahl der oben genannten Systeme (z.B. 3D-Lichtmikroskop, REM, Mikro-CT)

	<ul style="list-style-type: none"> • Übungen an den eingeführten Systemen (z.B. 3D-Lichtmikroskop, REM, Mikro-CT) • Digitales Erfassen von Geometrien mithilfe oben genannter Systeme • Übungsaufgaben/Projektarbeit
Titel der Lehrveranstaltung	Computer Aided Design
Umfang	2 ECTS
Lage im Curriculum	1. Semester Modul/BL1
Lehr- und Lernformen	Übung, eLearning
Prüfungsmodalitäten	Projektarbeit + Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Stand der Technik, Möglichkeiten und Einschränkungen von modernen CAD-Programmen • Skizzieren von biomimetischen Strukturen und Funktionen • 2D/3D und 4D Design von biomimetischen Strukturen und Funktionen mittels SolidWorks (Stichwort: funktional & parametrisiert)
Titel der Lehrveranstaltung	Simulation and Optimization 1
Umfang	2 ECTS
Lage im Curriculum	1. Semester Modul/BL1
Lehr- und Lernformen	Übung, eLearning
Prüfungsmodalitäten	Projektarbeit + Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Stand der Technik und Möglichkeiten von modernen Simulations- und Optimierungsprogrammen • Grundlagen, Möglichkeiten und Einschränkungen der Simulation und Optimierung mittels Finiter Elemente • Simulation und Optimierung im Bereich Biomimetik (z.B. Topologie-Optimierung) mithilfe eines Finite Elemente Programms (Ansys) - Stichworte: Computer Aided Optimization, Soft Kill Option, etc. • Übungsaufgaben/Projektarbeit
Titel der Lehrveranstaltung	Rapid Prototyping & Manufacturing 1
Umfang	2 ECTS
Lage im Curriculum	1. Semester Modul/BL1
Lehr- und Lernformen	Übung, eLearning
Prüfungsmodalitäten	Projektarbeit + Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen, Stand der Technik, Möglichkeiten und Einschränkungen der additiven Fertigung • Grundlagen, Möglichkeiten und Einschränkungen der Prototypenfertigung • Selbständiges sicheres Bedienen von Rapid Prototyping Tools im Fablab (z.B. 3D Druck, 3D Scan, Laser Cutting, CNC-Fräsen, Robotic assisted Design, Stereolithographie, etc.) • Selbständig Fertigen und Testen von biomimetischen Prototypen im Fablab

3.4.2 Semester 2

Modulnummer: BSI	Modultitel: Biomimetics as a Science (4 ECTS / English) <i>Biomimetik als angewandte Wissenschaft</i>
Lehrgang	Bio-Inspired Engineering
Lage im Curriculum	2. Semester / 2nd Term
Zuordnung zu den Teilgebieten	Einführung Biomimetik
Niveaustufe	Einführung
Vorkenntnisse	-
Geblockt	ja
Kreis der Teilnehmer	Lehrgangs- und Zertifikats-TeilnehmerInnen
Beitrag zu nachfolgenden Modulen	RLO, SNC, ABT, sowie alle Module Semester 3 und 4
Literaturempfehlung	<p><u>Best Practice in Scientific Working</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Gauch, Hugh G., Jr. (2003), <i>Scientific Method in Practice</i>, Cambridge University Press, ISBN 0-521-01708-4 435 pages • James T. McClave and Terry T Sincich. <i>Statistics</i>. Pearson; 12 edition (2012). • Kate L. Turabian. <i>A Manual for Writers of Research Papers, Theses, and Dissertations, Eighth Edition: Chicago Style for Students and</i>. University Of Chicago Press; 8 edition (March 28, 2013) • Max Planck Gesellschaft. <i>Rules of Good Scientific Practice</i> (2009). <p><u>Biomimetics as a Science</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Bar-Cohen, Yoseph. <i>Biomimetics: Nature-based innovation</i>. CRC press, 2011. • Von Gleich, Arnim, et al. <i>Potentials and trends in biomimetics</i>. Springer Science & Business Media, 2010. • W. Nachtigall. <i>Bionik als Wissenschaft</i>. Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2010) • Y. Helfmna Cohen, Y. Reich. <i>Biomimetic Design Method for Innovation and Sustainability</i>. Springer Verlag (2016).
MOOCs	<p><u>Biomimetics as a Science</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Statistical Thinking for Data Science and Analytics</i> (Columbia)

<p>Kompetenzerwerb</p>	<p><u>Best Practice in Scientific Working</u> Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen die wesentlichen Begriffe und Grundlagen des wissenschaftlichen Arbeitens • Kennen und verstehen den Best Practice des wissenschaftlichen Arbeitens • Kennen und verstehen die wesentlichen Grundlagen der Statistik und sind fähig, diese selbständig auf neue Beispiele anzuwenden • Sind im Stande, Literaturrecherchen effizient, effektiv, reflektiert und vollständig durchzuführen • Kennen und verstehen die Grundlagen der Technologiebeobachtung und -prognose • Kennen und verstehen die Grundbegriffe der wissenschaftlichen Ethik
	<ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen des Best Practice im „Scientific Writing“ <p><u>Biomimetics as a Science</u> Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen die wesentlichen Forschungsgebiete der Biomimetik • Kennen und verstehen die wesentlichen Punkte der Arbeit von W. Nachtigall „Biomimetik als Wissenschaft“ (2010) – unter anderem kennen und verstehen sie die Bedeutung der Abstraktion in der Biomimetik („abstrahierte Naturprinzipien technologisch nutzen“). Zudem sind sie im Stande, selbständig den „Dreistufenweg der Biomimetik“ anhand von Cases anzuwenden. <ol style="list-style-type: none"> 1) Erforschen der belebten Welt – erkenne von Struktur-Funktionsbeziehungen 2) Abstraktion allgemeiner Prinzipien aus den biologischen Originaldaten 3) Adäquate, der Technik angemessene Umsetzung allgemeiner Prinzipien nach 2 bis zur Realisierung
<p>Titel der Lehrveranstaltung</p>	<p>Best Practice in Scientific Working</p>
<p>Umfang</p>	<p>2 ECTS</p>
<p>Lage im Curriculum</p>	<p>2. Semester Modul/BSI</p>
<p>Lehr- und Lernformen</p>	<p>Vorlesung, eLearning</p>
<p>Prüfungsmodalitäten</p>	<p>Klausur BSI + Assignments</p>
<p>Lehrinhalte</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Begriffe und Grundlagen des wissenschaftlichen Arbeitens • „Best Practice“ des wissenschaftlichen Arbeitens • Grundlagen der Statistik mit Übungsbeispielen • Literaturrecherche (Publikationen, Patente) online und in Datenbanken • Grundlagen der Technologiebeobachtung und -prognose • Grundbegriffe der wissenschaftlichen Ethik • Best Practice „Scientific Writing“
<p>Titel der Lehrveranstaltung</p>	<p>Biomimetics as a Science</p>
<p>Umfang</p>	<p>2 ECTS</p>
<p>Lage im Curriculum</p>	<p>2. Semester Modul/BSI</p>
<p>Lehr- und Lernformen</p>	<p>Vorlesung, eLearning</p>
<p>Prüfungsmodalitäten</p>	<p>Klausur BSI + Assignments</p>

Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none">• Überblick Forschungsgebiete der Biomimetik• Die Bedeutung der Abstraktion in der Biomimetik• Einführung in den „Dreistufenweg der Biomimetik“• Übung: Selbständiges Anwenden der Abstraktion und des Dreistufenwegs anhand von biomimetischen Beispielen• MOOCs-Reflexion- Statistical Thinking for Data Science and Analytics (Columbia)
-------------	--

Modulnummer: RLO	Modultitel: Robotic and Locomotion (8 ECTS / English) <i>Robotik und Lokomotion</i>
Lehrgang	Bio-Inspired Engineering
Lage im Curriculum	2. Semester / 2nd Term
Zuordnung zu den Teilgebieten	Fünftes Teilgebiet der Biomimetik (Biologische, Technische, Biomimetische und praktische Grundlagen)
Niveaustufe	Einführung
Vorkenntnisse	1. Semester
Geblockt	ja
Kreis der Teilnehmer	LehrgangsteilnehmerInnen und ZertifikatsteilnehmerInnen
Beitrag zu nachfolgenden Modulen	BL2 sowie zu allen Modulen im 3. und 4. Semester
Literaturempfehlung	<p><u>Biology for Engineers: Botany, Zoology</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Alexander, R. McNeill. Principles of animal locomotion. Princeton University Press, 2003. • Rosenhahn, Bodo, Reinhard Klette, and Dimitris Metaxas, eds. Human motion: understanding, modelling, capture, and animation. Vol. 36. Springer Science & Business Media, 2007. • Taylor, Graham, Michael S. Triantafyllou, and Cameron Tropea, eds. Animal locomotion. Springer Science & Business Media, 2010. <p><u>Engineering Principles for Biomimetics: Mechatronics and Robotics</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Anderson Jr., John D. <i>Fundamentals of Aerodynamics</i>. McGraw-Hill Education; 5th edition (2010). • Isermann, Rolf. Mechatronic systems: fundamentals. Springer Science & Business Media, 2007. • Munson, Bruce R.; Rothmayer, Alric P., Okiishi, Theodore H.; Huebsch, Wade W. <i>Fundamentals of Fluid Mechanics</i>. Wiley; 7 edition (2012). • Siciliano, Bruno, and Oussama Khatib, eds. Springer handbook of robotics. Springer Science & Business Media, 2008. <p><u>Biomimetics: Locomotion and Robotics</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Bekey, George A. Autonomous robots: from biological inspiration to implementation and control. MIT press, 2005. • Floreano, Dario, et al., eds. Flying insects and robots. Berlin: Springer, 2010. • Siegwart, Roland, Illah Reza Nourbakhsh, and Davide Scaramuzza. Introduction to autonomous mobile robots. MIT press, 2011. • Webb, Barbara, and Thomas Consilvio. Biorobotics. MIT Press, 2001. <p><u>Bio-Robotic Lab</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Villanueva, Alex, et al. "Jellyfish inspired underwater unmanned vehicle." SPIE Smart Structures and Materials+ Nondestructive Evaluation and Health Monitoring. International Society for Optics and Photonics, 2009.
MOOCs	<p><u>Biology for Engineers: Botany, Zoology</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to Biology - The Secret of Life (MIT)

	<p><u>Engineering Principles for Biomimetics: Mechatronics and Robotics</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to Aerodynamics (MIT) • Elements of Structures (MIT) <p><u>Biomimetics: Locomotion and Robotics</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Underactuated Robotics (MIT) • Autonomous Mobile Robots (ETH Zurich)
<p>Kompetenzerwerb</p>	<p><u>Biology for Engineers: Botany, Zoology</u> Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen die für die Biomimetik erforderlichen biologischen Prinzipien der Fortbewegung und Antriebsmechanismen (gehen, laufen, schwimmen, fliegen, kriechen, etc.) – von Klein (Mikroorganismen, Insekten) bis Groß (Riesenmantarochen, Wal, etc.) • Kennen und verstehen die Grundlagen der Funktionsmorphologie • Erarbeiten sich ein erstes Portfolio von biologischen Vorbildern in Punkto Fortbewegung <p><u>Engineering Principles for Biomimetics: Mechatronics and Robotics</u> Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen die für die Biomimetik erforderlichen Grundlagen der Mechatronik (z.B. Kinematik, Steuerungs- und Antriebstechnik, Regelungstechnik, Interfaces, Aktoren, Elektrostatik, Elektrokinetik, Elektrodynamik) • Kennen und verstehen die für die Biomimetik erforderlichen Grundlagen Aerodynamik, Fluidmechanik, Strömungsmechanik (z.B. Grenzschichteffekte, Widerstandsbeiwerte, indizierter Widerstand, Über-/Unterdruckzonen, Auftrieb, Strömungsabriss, Pneumatik, Vergleichsgrößen Reynolds-Zahl, reduzierte Frequenz) • Kennen und verstehen den Stand der Technik in der Robotik <p><u>Biomimetics: Locomotion and Robotics</u> Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen der wichtigsten Beispiele im Bereich bio-inspirierter Lokomotion und Robotik (z.B.: Bio-inspirierte Bewegungsmodelle, Autostabile Laufmaschinen, Antriebs- und Getriebetechnik, Koordination und Regelung; Greif- und Handlingtechnik, Anwendungen auf Land, Wasser- und Lufttransportmittel; Anwendungen auf unbemannte Makro- und Mikrofahrzeuge) • Können den biomimetischen Abstrahierungsprozess anhand von Beispielen nachvollziehen • Können einfache biomimetische Anwendungen und deren Herstellungsverfahren kritische auf deren Nachhaltigkeit hinterfragen
<p>Titel der Lehrveranstaltung</p>	<p>Biology for Engineers: Botany, Zoology</p>
<p>Umfang</p>	<p>2 ECTS</p>
<p>Lage im Curriculum</p>	<p>2. Semester/Modul RLO</p>
<p>Lehr- und Lernformen</p>	<p>Vorlesung, eLearning</p>

Prüfungsmodalitäten	Klausur Modul RLO + Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Für die Biomimetik relevante biologischen Prinzipien der Fortbewegung und Antriebsmechanismen (gehen, laufen, schwimmen, fliegen, kriechen, etc.) – von Klein (Mikroorganismen, Insekten) bis Groß (Riesenmantarochen, Wal, etc.) • Grundlagen der Funktionsmorphologie • Haben ein grundlegendes Verständnis und einen Überblick über biologische Vorbilder bzgl. (für die Biomimetik relevante) Fortbewegung • MOOC-Reflexion "Introduction to Biology - The Secret of Life" (MIT)
Titel der Lehrveranstaltung	Engineering Principles for Biomimetics: Mechatronics and Robotics
Umfang	2 ECTS
Lage im Curriculum	2. Semester/Modul RLO
Lehr- und Lernformen	Vorlesung, eLearning
Prüfungsmodalitäten	Klausur Modul RLO + Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Für die Biomimetik relevanten Aspekte der Mechatronik (z.B. Kinematik, Steuerungs- und Antriebstechnik, Regelungstechnik, Interfaces, Aktoren, Elektrostatik, Elektrotechnik, Elektrodynamik) • Für die Biomimetik relevanten Aspekte der Aerodynamik, Fluidmechanik, Strömungsmechanik (z.B. Grenzschichteffekte, Widerstandsbeiwerte, indizierter Widerstand, Über-/Unterdruckzonen, Auftrieb, Strömungsabriss, Pneumatik, Vergleichsgrößen Reynolds-Zahl, reduzierte Frequenz) • Stand der Technik in der Robotik • MOOC-Reflexion <ul style="list-style-type: none"> - Introduction to Aerodynamics (MIT) - Elements of Structures (MIT)
Titel der Lehrveranstaltung	Biomimetics: Locomotion and Robotics
Umfang	3 ECTS
Lage im Curriculum	2. Semester/Modul RLO
Lehr- und Lernformen	Vorlesung, eLearning
Prüfungsmodalitäten	Klausur Modul RLL + Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Case Studies bio-inspirierter Lokomotion und Robotik (z.B.: Bio-inspirierte Bewegungsmodelle, Autostabile Laufmaschinen, Antriebs- und Getriebetechnik, Koordination und Regelung; Greif- und Handlingtechnik, Anwendungen auf Land-, Wasser- und Lufttransportmittel; Anwendungen auf unbemannte Makro- und Mikrofahrzeuge) • Der biomimetische Abstrahierungsprozess anhand von Cases „Locomotion and Robotics“ • Nachhaltigkeit von biomimetischen Anwendungen und deren Herstellungsverfahren • MOOC-Reflexion <ul style="list-style-type: none"> - Underactuated Robotics (MIT) - Autonomous Mobile Robots (ETH Zurich)

Modulnummer: SNC	Modultitel: Sensor and Neuronal Control (8 ECTS / English) <i>Sensoren und Neuronale Steuerung</i>
Lehrgang	Bio-Inspired Engineering
Lage im Curriculum	2. Semester / 2nd Term
Zuordnung zu den Teilgebieten	Sechstes Teilgebiet der Biomimetik (Biologische, Technische, Biomimetische und praktische Grundlagen)
Niveaustufe	Einführung
Vorkenntnisse	1. Semester
Geblockt	ja
Kreis der Teilnehmer	LehrgangsteilnehmerInnen und ZertifikatsteilnehmerInnen
Beitrag zu nachfolgenden Modulen	ABT, BL2
Literaturempfehlung	<p><u>Biology for Engineers: Molecular- and Neuro-Biology</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Davis, Leonard. Basic methods in molecular biology. Elsevier, 2012. • Siegelbaum, Steven A., and A. J. Hudspeth. Principles of neural science. Eds. Eric R. Kandel, James H. Schwartz, and Thomas M. Jessell. Vol. 4. New York: McGraw-hill, 2000. • Bruce, Vicki, Patrick R. Green, and Mark A. Georgeson. Visual perception: Physiology, psychology, & ecology. Psychology Press, 2003. • Howes, David. Empire of the Senses. Oxford: Berg Publishers, 2005. <p><u>Engineering Principles for Biomimetics: Mechatronics and Photonics</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Isermann, Rolf. Mechatronic systems: fundamentals. Springer Science & Business Media, 2007. • Lillesand, Thomas, Ralph W. Kiefer, and Jonathan Chipman. Remote sensing and image interpretation. John Wiley & Sons, 2014. • Novotny, Lukas, and Bert Hecht. Principles of nano-optics. Cambridge university press, 2012. • Saleh, Bahaa EA, Malvin Carl Teich, and Bahaa E. Saleh. Fundamentals of photonics. Vol. 22. New York: Wiley, 1991. <p><u>Biomimetics: Sensor and Neuronal Control</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ayers, Joseph, Joel L. Davis, and Alan Rudolph. Neurotechnology for biomimetic robots. MIT press, 2002. • Barth, Friedrich G., Joseph AC Humphrey, and Timothy W. Secomb, eds. Sensors and sensing in biology and engineering. Springer Science & Business Media, 2012. • Prasad, Paras N. Introduction to biophotonics. John Wiley & Sons, 2004. • Gebeshuber, Ille C., and Manfred Drack. "Biomimetics: Biomimetics in Nanotechnology." (2016).
MOOCs-Empfehlungen	<p><u>Biology for Engineers: Molecular- and Neuro-Biology</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Principles of Electronic Biosensors (Purdue Univ.) • Introduction to Bioelectricity (Purdue Univ.) <p><u>Engineering Principles for Biomimetics: Mechatronics and Photonics</u></p>

	<ul style="list-style-type: none"> Optical Materials and Devices (EPFL) <p><u>Biomimetics; Sensor and Neuronal Control</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Cognitive Neuroscience Robotics – Part A (Osaka Univ.) Artificial Intelligence (Berkeley)
Kompetenzerwerb	<p><u>Biology for Engineers: Molecular- and Neuro-Biology</u> Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> Kennen und verstehen die für die Biomimetik erforderlichen biologischen Prinzipien der Molekular- und Neurobiologie Kennen und verstehen die für die Biomimetik erforderlichen biologischen Prinzipien der Reizwahrnehmung und der Rezeptoren in der Natur (physikalische, mechanische, elektrische, elektromagnetische, chemische, etc.) Kennen und verstehen die für die Biomimetik erforderlichen biologischen Prinzipien sowie die Physiologie der Sinnesorgane zur Orientierung in der Umwelt Haben ein grundlegendes Verständnis und einen Überblick über biologische Vorbilder in Punkto Reizwahrnehmung und Orientierung <p><u>Engineering Principles for Biomimetics: Mechatronics and Photonics</u> Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> Kennen und verstehen die für die Biomimetik erforderlichen Grundlagen der Mechatronik – insbesondere im Bereich Datenanalyse, Informationsverarbeitung, Schaltungstechnik, Embedded Systems und Micro-Controller, Sensoren, etc. Kennen und verstehen die für die Biomimetik erforderlichen Grundlagen der Photonik – insbesondere im Bereich Lichtleiter, Mikrooptik, Mikro- und Nanobearbeitung <p><u>Biomimetics; Sensor and Neuronal Control</u> Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> Kennen und verstehen die wichtigsten Beispiele im Bereich bio-inspirierter Sensoren und neuronalen Steuerung Können den biomimetischen Abstrahierungsprozess anhand von Beispielen nachvollziehen Können einfache biomimetische Anwendungen und deren Herstellungsverfahren kritisch auf deren Nachhaltigkeit hinterfragen <p>Lab</p> <ul style="list-style-type: none"> Siehe Modul Biomimetic Lab 2
Titel der Lehrveranstaltung	Biology for Engineers: Molecular- and Neuro-Biology
Umfang	3 ECTS
Lage im Curriculum	2. Semester/Modul SNC
Lehr- und Lernformen	Vorlesung
Prüfungsmodalitäten	Klausur + Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> Für die Biomimetik relevanten Aspekte der Molekular- und Neurobiologie Für die Biomimetik relevanten Aspekte der Reizwahrnehmung und der Rezeptoren in der Natur (physikalische, mechanische, elektrische, elektromagnetische, chemische, etc.) Für die Biomimetik relevanten Aspekte der Physiologie von

	<p>Sinnesorganen zur Orientierung in der Umwelt (z.B. Nervenreizleitung, biologische Zellmembrane, Haarsensoren, Seitenlinienorgan, Insektenauge, etc.)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gemeinsames Erarbeiten eines ersten Portfolios von biologischen Vorbildern in Punkto Reizwahrnehmung und Orientierung • MOOC-Reflexion <ul style="list-style-type: none"> - Principles of Electronic Biosensors (Purdue Univ.) - Introduction to Bioelectricity (Purdue Univ.)
Titel der Lehrveranstaltung	Engineering Principles for Biomimetics: Mechatronics and Photonics
Umfang	3 ECTS
Lage im Curriculum	2. Semester/Modul SNC
Lehr- und Lernformen	Vorlesung
Prüfungsmodalitäten	Klausur + Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Für die Biomimetik relevanten Aspekte der Mechatronik – insbesondere im Bereich Datenanalyse, Informationsverarbeitung, Schaltungstechnik, Embedded Systems und Micro-Controller, Sensoren, etc. • Für die Biomimetik relevanten Aspekte der Photonik – insbesondere im Bereich Lichtleiter, Mikrooptik, Mikro- und Nanobearbeitung • Für die Biomimetik relevanten Aspekte der Mikro- und Nanobearbeitung • MOOC-Reflexion <ul style="list-style-type: none"> - Optical Materials and Devices (EPFL)
Titel der Lehrveranstaltung	Biomimetics: Sensor and Neuronal Control
Umfang	3 ECTS
Lage im Curriculum	2. Semester/Modul SNC
Lehr- und Lernformen	Vorlesung
Prüfungsmodalitäten	Klausur + Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Case Studies „bio inspired Sensors and Neuronal Control“, z.B.: <ul style="list-style-type: none"> - Künstliche, bio-inspirierte Sensoren, Selbstorganisation und Assemblierung, Digitale Materialien, Biosensormembrane, Sonar, Elektroortungssysteme; - Neuronale Netzwerke, Künstliche Intelligenz, Simulated Annealing, Generische Algorithmen, Bio-inspirierte kognitive Systeme, hocheffiziente Signalverarbeitung, dezentrale Kontrolle intelligente Transportsysteme, Schwarmintelligenz, Machine Learning, Systemanalyse und komplexe Systeme, Stochastische Simulation; - Bionische Lichtleiter, reaktionsfähige Materialien mit integrierten Sensoren, Biophotonik, Strukturfarben, künstliche Facettenaugen; • Der biomimetische Abstrahierungsprozess anhand von Cases „bio inspired Sensors and Neuronal Control“ • Nachhaltigkeit von biomimetischen Anwendungen und deren Herstellungsverfahren • MOOC-Reflexion <ul style="list-style-type: none"> - Cognitive Neuroscience Robotics – Part A (Osaka Univ.) - Artificial Intelligence (Berkeley)

Modulnummer: ABT	Modultitel: Anthropo – and Biomedical Technology (6 ECTS / English) <i>Anthropo- und biomedizinische Technik</i>
Lehrgang	Bio-Inspired Engineering
Lage im Curriculum	2. Semester / 2nd Term
Zuordnung zu den Teilgebieten	Siebtes Teilgebiet der Biomimetik (Biologische, Technische, Biomimetische und praktische Grundlagen)
Niveaustufe	Einführung
Vorkenntnisse	1. Semester
Geblockt	ja
Kreis der Teilnehmer	LehrgangsteilnehmerInnen und ZertifikatsteilnehmerInnen
Beitrag zu nachfolgenden Modulen	BL2 sowie zu allen Modulen im 3. und 4. Semester
Literaturempfehlung	<p><u>Biology for Engineers: Human Physiology</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Boron, Walter F., and Emile L. Boulpaep. Medical physiology. Elsevier Health Sciences, 2016. • Coren, Stanley. Sensation and perception. John Wiley & Sons, Inc., 2003. • Gold, Ben, Nelson Morgan, and Dan Ellis. Speech and audio signal processing: processing and perception of speech and music. John Wiley & Sons, 2011. • Lindsay, Peter H., and Donald A. Norman. Human information processing: An introduction to psychology. Academic Press, 2013. • Marieb, Elaine Nicpon, and Katja Hoehn. Human anatomy & physiology. Pearson Education, 2007. <p><u>Engineering Principles for Biomimetics: Biomedical Engineering</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Bronzino, Joseph D., and Donald R. Peterson. Biomedical engineering fundamentals. CRC Press, 2014. • Helander, Martin G., ed. Handbook of human-computer interaction. Elsevier, 2014. • Ratner, Buddy D., et al. Biomaterials science: an introduction to materials in medicine. Academic press, 2004. • Shortliffe, Edward H., and James J. Cimino. Biomedical informatics. Springer Science+ Business Media, LLC, 2006. <p><u>Biomimetics: Anthropo – and Biomedical Technology</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Breazeal, Cynthia, Kerstin Dautenhahn, and Takayuki Kanada. "Social Robotics." Springer Handbook of Robotics. Springer International Publishing, 2016. 1935-1972. • Kajita, Shuuji, et al. Introduction to humanoid robotics. Vol. 101. Heidelberg: Springer, 2014. • Bekey, George A. Autonomous robots: from biological inspiration to implementation and control. MIT press, 2005. • Webb, Barbara, and Thomas Consilvio. Biorobotics. MIT-Press, 2001.
MOOCs	<p><u>Biology for Engineers: Human Physiology</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Principles of Electronic Biosensors (Purdue) • Introduction to Bioelectricity (Purdue)

	<p><u>Engineering Principles for Biomimetics: Biomedical Engineering</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Cellular Solids 1: Structures, Properties and Engineering Applications (MIT) • Cellular Solids Part 2: Applications in Medicine (MIT) <p><u>Biomimetics V: Anthro – and Biomedical Technology</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Artificial Intelligence (Berkeley) • Autonomous Mobile Robots (ETH Zurich)
Kompetenzerwerb	<p><u>Biology for Engineers: Human Physiology</u> Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen die für die Biomimetik erforderlichen elektro- und neurophysiologischen Prinzipien • Haben ein vertieftes Verständnis der für die Biomimetik erforderlichen Prinzipien der Physiologie, wie z.B. die Funktionsweise der menschlichen Sinnesorgane und des biologischen Gewebes • Kennen und verstehen die für die Biomimetik erforderlichen Prinzipien der menschlichen Informationsverarbeitung • Haben ein grundlegendes Verständnis und einen Überblick über biologische Vorbilder in Punkto „Anthro- und biomedizinische Technik“ <p><u>Engineering Principles for Biomimetics: Biomedical Engineering</u> Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen die für die Biomimetik erforderlichen Prinzipien des Mensch-Maschinen-Interface • Kennen und verstehen die für die Biomimetik erforderlichen Prinzipien von Mikro/Nanosensoren und Aktuatoren • Kennen und verstehen die für die Biomimetik erforderlichen Prinzipien der Implantat- und Neuroprothesentechnologie <p><u>Biomimetics: Anthro – and Biomedical Technology</u> Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen die wichtigsten Beispiele im Bereich bio-inspirierter Anthropotechnologie und biomedizinischer Technik • Können den biomimetischen Abstrahierungsprozess anhand von Beispielen nachvollziehen • Können einfache biomimetische Anwendungen und deren Herstellungsverfahren kritisch auf deren Nachhaltigkeit hinterfragen <p><u>Lab</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Siehe Modul Biomimetic Lab 2
Titel der Lehrveranstaltung	Biology for Engineers: Physiology
Umfang	2 ECTS
Lage im Curriculum	2. Semester/Modul ABT
Lehr- und Lernformen	Vorlesung
Prüfungsmodalitäten	Klausur + Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Für die Biomimetik relevante Aspekte der Elektro- und Neurophysiologie (Vitalparameter, neuromotorische Regelkreise, elektrische Abläufe in biologischem Gewebe)

	<ul style="list-style-type: none"> • Vertiefung der für die Biomimetik erforderlichen Prinzipien der Physiologie (z.B. Funktionsweise der menschlichen Sinnesorgane, Funktionsweise des biologischen Gewebes) • Für die Biomimetik relevante Aspekte der menschlichen Informationsverarbeitung • Gemeinsames Erarbeiten eines ersten Portfolios von biologischen Vorbildern in Punkto „Anthropo- und biomedizinische Technik“ <ul style="list-style-type: none"> • MOOC-Reflexion <ul style="list-style-type: none"> - Principles of Electronic Biosensors (Purdue) - Introduction to Bioelectricity (Purdue)
Titel der Lehrveranstaltung	Engineering Principles for Biomimetics: Biomedical Engineering
Umfang	2 ECTS
Lage im Curriculum	2. Semester/Modul ABT
Lehr- und Lernformen	Vorlesung
Prüfungsmodalitäten	Klausur + Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Für die Biomimetik relevante Aspekte des Mensch-Maschinen-Interface • Für die Biomimetik relevante Aspekte der Biomedizinischen Technik, wie z.B.: <ul style="list-style-type: none"> - Mikro- & Nanosensoren (z.B. Sehen, Hören, Riechen, Tasten, etc.) sowie Aktuatoren - Implantate und Neuroprothesentechnologie (z.B. künstliche Retina, Cochlea Implantat, künstliche Cochlea, Mikroelektrodenarrays, Neurochips, Elektrophysiologie, etc.) <ul style="list-style-type: none"> • MOOC-Reflexion <ul style="list-style-type: none"> - Cellular Solids 1: Structures, Properties and Engineering Applications (MIT) - Cellular Solids Part 2: Applications in Medicine (MIT)
Titel der Lehrveranstaltung	Biomimetics: Anthro – and Biomedical Technology
Umfang	2 ECTS
Lage im Curriculum	2. Semester/Modul ABT
Lehr- und Lernformen	Vorlesung
Prüfungsmodalitäten	Klausur + Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Case Studies „bio-inspirierte Anthropotechnologie und biomedizinische Technik“, z.B.: <ul style="list-style-type: none"> - Bedienungsfreundlichkeit der Maschinenbedienung (Design von Anzeigeelementen, Flugzeugcockpitdesign) - Social Robotics (Roboter für Hilfs- und Pflegedienste) - Prothesen, Therapeutische Ansätze, Verbindung von Mikroelektrodenarrays und Neurochips (z.B. Augenchip), künstliche Haut/Muskel, Exoskelett - Biomimetische Keramiken - Künstliche, bio-inspirierte Sensoren, Neuronale Netzwerke, Künstliche Intelligenz • Der biomimetische Abstrahierungsprozess anhand von Cases „bio-inspirierte Anthropotechnologie und biomedizinische Technik“ • Nachhaltigkeit von biomimetischen Anwendungen und deren Herstellungsverfahren • MOOC-Reflexion

	<ul style="list-style-type: none"> - Artificial Intelligence (Berkeley) - Autonomous Mobile Robots (ETH Zurich)
--	---

Modulnummer: BL2	Modultitel: Biomimetics Lab 2 (4 ECTS / English) <i>Biomimetik Lab 2</i>
Lehrgang	Bio-Inspired Engineering
Lage im Curriculum	2. Semester / 2nd Term
Zuordnung zu den Teilgebieten	<u>Lab und Praxisteil</u> für die Module aus dem 2. Semester
Niveaustufe	Einführung
Vorkenntnisse	BL1, SNC, ABT
Geblockt	ja
Kreis der Teilnehmer	Lehrgangs- und Zertifikats-TeilnehmerInnen
Beitrag zu nachfolgenden Modulen	3. Semester
Literaturempfehlung	<p><u>Simulation and Optimization 2 (using Finite Elements)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Bendsoe, Martin Philip, and Ole Sigmund. Topology optimization: theory, methods, and applications. Springer Science & Business Media, 2013. • Madenci, Erdogan, and Ibrahim Guven. The finite element method and applications in engineering using ANSYS®. Springer, 2015. <p><u>Imaging Lab 2</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Floreano, Dario, et al., eds. Flying insects and robots. Berlin: Springer, 2010. • Jewel B. Barlow, William H. Rae, Alan Pope. Low-Speed Wind Tunnel Testing. Wiley-Interscience; 3 edition (1999) <p><u>Rapid Prototyping & Manufacturing 2</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Gershenfeld, Neil. <i>Fab: the coming revolution on your desktop--from personal computers to personal fabrication</i>. Basic Books, 2008. • Pham, Duc, and Stefan S. Dimov. Rapid manufacturing: the technologies and applications of rapid prototyping and rapid tooling. Springer Science & Business Media, 2012. • Venuvinod, Patri K., and Weiyin Ma. Rapid prototyping: laser-based and other technologies. Springer Science & Business Media, 2013.
MOOCs	keine
Kompetenzerwerb	<p><u>Simulation and Optimization 2</u></p> <p>Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen die Möglichkeiten von modernen Simulations- und Optimierungsprogrammen im Bereich Biomimetik • Kennen und verstehen die Möglichkeiten und Einschränkungen der Simulation und Optimierung mittels Finiter Elemente im Bereich Biomimetik • Sind in der Lage, komplexere Simulations- und Optimierungsaufgaben (z.B. Aero- und Fluidodynamik) aus dem Be-

	<p>reich Biomimetik mithilfe eines Finite Elemente Programms (Ansys) zu simulieren und zu optimieren</p> <p><u>Imaging Lab 2</u> Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen die Funktionsweise sowie die Bedeutung eines Windkanals für die Biomimetik • Kennen und verstehen die Funktionsweise sowie die Bedeutung eines Strömungskanal für die Biomimetik • Kennen und verstehen die Funktionsweise sowie die Bedeutung von Hochgeschwindigkeitskameras für die Biomimetik • Sind in der Lage, mithilfe oben genannter Systeme im Fablab gezielt Messungen durchzuführen und die Ergebnisse zu interpretieren <p><u>Rapid Prototyping & Manufacturing 2</u> Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen die Grundlagen, Möglichkeiten und Einschränkungen der elektronischen Fertigung im Elektronik Lab • Sind in der Lage, einfache elektronische Schaltungen selbständig zu skizzieren, ein Platine softwareunterstützt (Eagle) zu designen und die Platine im Elektroniklab (vgl. Fablab) fehlerfrei zu fertigen • Sind in der Lage, im Electronic Lab (vgl. Fablab) selbständig einfache biomimetische Prototypen umzusetzen • Kennen und verstehen die Grundlagen, Möglichkeiten und Einschränkungen im Robotik Lab (6 Achs-Roboter, Robotic Studio Software, Turtle Robot, ROS) • Sind in der Lage, im Robotik Lab (vgl. Fablab) selbständig einfache biomimetische Prototypen zu fertigen <p><u>Field Trips</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Vertiefung und Verinnerlichung einer systematischen und makroskopischen Betrachtungsweise für eine Vielzahl von biologische Vorbildern für die Biomimetik (Schwerpunkt Botanik und Zoologie)
Titel der Lehrveranstaltung	Simulation and Optimization 2
Umfang	1 ECTS
Lage im Curriculum	2. Semester/Modul BL2
Lehr- und Lernformen	Übung
Prüfungsmodalitäten	Projektarbeit BL2 + Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Moderne Simulations- und Optimierungsprogramme im Bereich Biomimetik • Möglichkeiten und Einschränkungen der Simulation und Optimierung mittels Finiter Elemente im Bereich Biomimetik • Simulieren und Optimieren von komplexen Simulations- und Optimierungsaufgaben (z.B. Aero- und Fluidodynamik) aus dem Bereich Biomimetik mithilfe eines Finite Elemente Programms (Ansys)
Titel der Lehrveranstaltung	Imaging Lab 2
Umfang	1 ECTS
Lage im Curriculum	2. Semester/Modul BL2
Lehr- und Lernformen	Übung

Prüfungsmodalitäten	Projektarbeit BL2 + Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Funktionsweise und Bedeutung von Windkanälen, Strömungskanälen und Hochgeschwindigkeitskameras für die Biomimetik • Einführung in den sicheren Umgang mit oben genannten Systemen im Fablab - einfache Messungen und Interpretation der Ergebnisse
Titel der Lehrveranstaltung	Rapid Prototyping & Manufacturing 2
Umfang	2 ECTS
Lage im Curriculum	2. Semester/Modul BL2
Lehr- und Lernformen	Übung
Prüfungsmodalitäten	Projektarbeit BL2 + Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen, Möglichkeiten und Einschränkungen der elektronischen Fertigung im Elektronik Lab • Skizzieren von einfachen elektronische Schaltungen, Computer unterstütztes Design von Platine mittels Eagle, Fertigen einer funktionsfähigen Platine im Elektroniklab (vgl. Fablab) • Einbau der Platine in einen einfachen funktionsfähigen biomimetischen Prototyp • Grundlagen, Möglichkeiten und Einschränkungen im Robotik Lab (6 Achs-Roboter, Robotic Studio Software, Turtle Robot, ROS) • Fertigen von einfachen biomimetische Prototypen im Robotik Lab (vgl. Fablab)

3.4.3 Semester 3

Modulnummer: BIN	Modultitel: Bio-Inspired Innovation (8 ECTS / English) <i>Bio-Inspirierte Innovation</i>
Lehrgang	Bio-Inspired Engineering
Lage im Curriculum	3. Semester / 3rd Term
Zuordnung zu den Teilgebieten	Nachhaltige technische Umsetzung
Niveaustufe	Einführung
Vorkenntnisse	ITB, BSI
Geblockt	ja
Kreis der Teilnehmer	Lehrgangs- und Zertifikats-TeilnehmerInnen
Beitrag zu nachfolgenden Modulen	Zu allen Modulen des Semesters 3 und 4

<p>Literaturempfehlung</p>	<p><u>Technology- und Innovation-Management</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • BurgeSmani, Robert A., and Steven C. Wheelwright. "Strategic management of technology and innovation." READING 1.1 (2004). • Drucker, Peter. Innovation and entrepreneurship. Routledge, 2014. • James, Utterback. "Mastering the Dynamics of Innovation." Harvard Business School Press, Boston (1994). • Prahalad, Coimbatore Krishna, and Mayuram S. Krishnan. The new age of innovation: Driving cocreated value through global networks. McGraw Hill Professional, 2008. <p><u>Product Development & Business-Plan</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Christensen, Clayton. The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail. Harvard Business Review Press, 2013. • Leifer, Richard. Radical innovation: How mature companies can outsmart upstarts. Harvard Business Press, 2000. • Mullins, John Walker, and Randy Komisar. Getting to plan B: Breaking through to a better business model. Harvard Business Press, 2009. • Sahlman, William Andrews. How to write a great business plan. Harvard Business Press, 2008. • Trott, Paul. Innovation management and new product development. Pearson education, 2008. <p><u>Sustainable Fabrication of bio-inspired Products</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ariga, Katsuhiko, et al. "Challenges and breakthroughs in recent research on self-assembly." Science and Technology of Advanced Materials (2016). • Brodie, Ivor, and Julius J. Muray. The physics of micro/nano-fabrication. Springer Science & Business Media, 2013. • Chryssolouris, George. Manufacturing systems: theory and practice. Springer Science & Business Media, 2013. • Dahmus, Jeffrey B., and Timothy G. Gutowski. "An environmental analysis of machining." ASME 2004 international mechanical engineering congress and exposition. American Society of Mechanical Engineers, 2004.
<p>MOOCs</p>	<p><u>Product Development & Business-Plan</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Becoming an Entrepreneur (MIT) <p><u>Sustainable Fabrication of bio-inspired Products</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Fundamentals of Manufacturing Processes (MIT) • Micro and Nanofabrication (EPFL)

<p>Kompetenzerwerb</p>	<p><u>Technology- und Innovation-Management</u> Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen die wesentlichen Begriffe, Kennzahlen und Grundlagen des Technologie- und Innovationsmanagements • Kennen und verstehen den Best Practice im Technologie- und Innovationsmanagement (Stage Gate-Prozess, TE-Prozess, spiraler Entwicklungsprozess, Risiko- und Portfoliomanagement, etc.) und sind in der Lage, diesen selbständig auf biomimetische Projekte anzuwenden • Kennen und verstehen die Herausforderungen und Trends des Technologie- und Innovationsmanagements (Fuzzy Front End, Innovation Dilemma, Gate-Gewichtung, Technology Push, etc.), und sind in der Lage, diese selbständig auf biomimetische Projekte anzuwenden <p><u>Product Development</u> Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen die wesentlichen Begriffe, Kennzahlen und Grundlagen der Produktentwicklung • Kennen und verstehen den Best Practice im Bereich Produktentwicklung (Vertiefung Stage Gate- und TE-Prozess, spiraler TE-Prozess, Risiko- und Portfoliomanagement, etc.) und sind in der Lage, diesen selbständig auf biomimetische Projekte anzuwenden • Kennen und verstehen die Herausforderungen und Trends in der Produktentwicklung (Open Innovation, Design Thinking, Customer Co-Creation, etc.), und sind in der Lage, diese selbständig auf biomimetische Projekte anzuwenden. • Kennen und verstehen die wesentlichen Bestandteile eines Businessplans (Produkt- und Unternehmensidee, Markt und Wettbewerb, Finanzplan, Risikobewertung, etc.) • Sind in der Lage, einen Businessplan mit all seinen Bestandteilen für eine bio-inspirierte Produktidee selbständig zu formulieren und zu präsentieren („pitching“) <p><u>Sustainable Fabrication of bio-inspired Products</u> Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen die wesentlichen Grundlagen des Rapid-Prototyping, Manufacturing & Tooling in Hinblick auf die Biomimetik (z.B. Tissue Engineering, Bio-Printing, Zwei-Photonenabsorption, Metal Laser Melting, etc.) – deren Möglichkeiten sowie deren Einschränkungen • Kennen und verstehen die wesentlichen Grundlagen moderner Fertigungsverfahren in Hinblick auf die Biomimetik (z.B.
	<p>Mikro- und Nanofabrikation, Selbstassemblierung, etc.) und deren Nachhaltigkeit, Möglichkeiten sowie deren Einschränkungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sind in der Lage, die großtechnische Umsetzung einer bio-inspirierten Produktidee bezüglich ihrer technologischen Machbarkeit und Nachhaltigkeit kritisch zu evaluieren und zu beurteilen
<p>Titel der Lehrveranstaltung</p>	<p>Technology- und Innovation-Management</p>
<p>Umfang</p>	<p>2 ECTS</p>

Lage im Curriculum	3. Semester/Modul BSI
Lehr- und Lernformen	Vorlesung
Prüfungsmodalitäten	Modul-Klausur + Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Begriffe, Kennzahlen und Grundlagen des Technologie- und Innovationsmanagements • Best Practice im Technologie- und Innovationsmanagement (Stage Gate-Prozess, TE-Prozess, spiraler Entwicklungsprozess, Risiko- und Portfoliomanagement, etc.) • Selbständiges Anwenden des Best Practice auf biomimetische Projekte (Fallstudienreflexion) • Herausforderungen und Trends des Technologie- und Innovationsmanagements (Fuzzy Front End, Innovation Dilemma, Gate-Gewichtung, Technology Push, etc.) • Selbständiges Anwenden auf biomimetische (Fallstudienreflexion)
Titel der Lehrveranstaltung	Product Development
Umfang	2 ECTS
Lage im Curriculum	3. Semester/Modul BSI
Lehr- und Lernformen	Vorlesung
Prüfungsmodalitäten	Modul-Klausur + Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Wesentlichen Begriffe, Kennzahlen und Grundlagen der Produktentwicklung • Best Practice im Bereich Produktentwicklung (Vertiefung Stage Gate- und TE-Prozess, spiraler TE-Prozess, Risiko- und Portfoliomanagement, etc.) • Herausforderungen und Trends in der Produktentwicklung (Open Innovation, Design Thinking, Customer Co-Creation, etc.) • Selbständiges Anwenden auf biomimetische Projekte (Fallstudienreflexion) • Bestandteile eines Businessplans (Produkt- und Unternehmensidee, Markt und Wettbewerb, Finanzplan, Risikobewertung, etc.) • Erarbeiten eines vollständigen Businessplans für eine biomimetische Produktidee • Präsentieren („elevators speech, pitching“) der eigenen bioinspirierten Produktidee im Rahme des Moduls Businessplan Wettbewerb • MOOC Reflexion „Becoming an Entrepreneur“ (MIT)
Titel der Lehrveranstaltung	Sustainable Fabrication of bio-inspired Products
Umfang	3 ECTS
Lage im Curriculum	3. Semester/Modul BSI
Lehr- und Lernformen	Vorlesung
Prüfungsmodalitäten	Modulklausur + Assignments

Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen, Möglichkeiten und Einschränkungen und Nachhaltigkeit des Rapid-Prototyping, -Manufacturing & -Tooling in Hinblick auf die Biomimetik (z.B. Tissue Engineering, Bio-Printing, Zwei-Photonenabsorption, Metal Laser Melting, etc.) • Grundlagen, Möglichkeiten, Einschränkungen und Nachhaltigkeit moderner Fertigungsverfahren und Prozesse in Hinblick auf die Biomimetik (z.B. Mikro- und Nanofabrikation, Selbstassemblierung, etc.) • Kritische Analyse zur Evaluierung und Beurteilung der großtechnischen Umsetzung von bio-inspirierten Produktideen bezüglich technologischer Machbarkeit und Nachhaltigkeit (Fallstudien) • MOOCs-Reflexion <ul style="list-style-type: none"> - Fundamentals of Manufacturing Processes (MIT) - Micro and Nanofabrication (EPFL)
-------------	---

Modulnummer: PAP	Modultitel: Procedures & Processes (8 ECTS / English) <i>Prozeduren und Prozesse</i>
Lehrgang	Bio-Inspired Engineering
Lage im Curriculum	3. Semester / 3rd Term
Zuordnung zu den Teilgebieten	Achtes Teilgebiet der Biomimetik (Biologische, Technische, Biomimetische und praktische Grundlagen)
Niveaustufe	Einführung
Vorkenntnisse	1. und 2. Semester
Geblockt	ja
Kreis der Teilnehmer	Lehrgangs- und Zertifikats-TeilnehmerInnen
Beitrag zu nachfolgenden Modulen	BL3 sowie zu allen Modulen im 4. Semester
Literaturempfehlung	<p><u>Biology for Engineers: Micro-, Molecular and Synthetic Biology</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Gerard J. Tortora and Berdell R. Funke. Microbiology: An Introduction. Pearson; 12 edition (January 10, 2015) • Lambers, Hans, F. Stuart Chapin III, and Thijs L. Pons. "Photosynthesis." Plant physiological ecology. Springer New York, 2008. 11-99. • Schmidt, Markus, ed. Synthetic biology: industrial and environmental applications. John Wiley & Sons, 2012. Siegelbaum, Steven A., and A. J. Hudspeth. Principles of neural science. Eds. Eric R. Kandel, James H. Schwartz, and Thomas M. Jessell. Vol. 4. New York: McGraw-hill, 2000. <p><u>Engineering Principles for Biomimetics: Applied Micro- and Nanotechnology; Bio-Technology & Chemistry</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Buchanan, Bob B., Wilhelm Grissem, and Russell L. Jones, eds. Biochemistry and molecular biology of plants. John Wiley & Sons, 2015. • Harborne, Jeffrey B. Introduction to ecological biochemistry. Academic Press, 2014. • Prasad, Paras N. Introduction to biophotonics. John Wiley & Sons, 2004.

	<ul style="list-style-type: none"> • Rawlings, Douglas E., ed. Biomining: theory, microbes and industrial processes. Springer Science & Business Media, 2013. • William J. Thieman, Michael A. Palladino. Introduction to Biotechnology. 3 edition (2012). <p><u>Biomimetics VI: Procedures and Processes in Nature</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ariga, Katsuhiko, et al. "Challenges and breakthroughs in recent research on self-assembly." Science and Technology of Advanced Materials (2016). • Bianco-Peled, Havazelet, and Maya Davidovich-Pinhas, eds. Bioadhesion and biomimetics: from nature to applications. CRC Press, 2015. • Binder, Wolfgang H., ed. Self-healing polymers: from principles to applications. John Wiley & Sons, 2013. • Floreano, Dario, and Claudio Mattiussi. Bio-Inspired artificial intelligence: theories, methods, and technologies. MIT press, 2008. • Gratzel, Michael, ed. Energy resources through photochemistry and catalysis. Elsevier, 2012. • Bhushan, Bharat. Biomimetics: bioinspired hierarchical-structured surfaces for green science and technology. Springer, 2016.
MOOCs	<p><u>Biology for Engineers: Micro-, Molecular and Synthetic Biology</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Principles of Synthetic Biology (MIT) <p><u>Engineering Principles for Biomimetics VI: Applied Micro- and Nanotechnology; Bio-Technology & Chemistry</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Principles of Biochemistry (Harvard) • Micro and Nanofabrication (MEMS) by EPFL
Kompetenzerwerb	<p><u>Biology for Engineers: Micro-, Molecular and Synthetic Biology</u> Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen die für die in der Natur stattfindenden Prozeduren und Prozesse notwendigen Grundlagen der <ul style="list-style-type: none"> - Mikro- - Molekular- und - Synthetischen Biologie • Sind dadurch in der Lage, die wesentlichen in der Natur stattfindenden Prozeduren und Prozesse anschaulich zu erklären und zu beschreiben, wie z.B. <ul style="list-style-type: none"> ○ Bioenergetik (Photosynthese; Recycling, Vermeiden von Deponiematerialien) ○ Mikro- und nanostrukturierte biologische Oberflächeneffekte (Haftung, Nichthaftung, Antifouling, Selbstreinigung, Widerstandsreduktion) ○ Strukturierungshierarchien ○ Verfahren zur Herstellung energiereicher Oberflächen ○ Energieminimierungsprinzip ○ Filter und Membrane, Nebelfänge ○ Selbstheilung, Reinigung und Assemblierung ○ Bio-Kommunikation ○ Targeted Genome Editing CRISPR/Cas9 <p><u>Engineering Principles for Biomimetics: Applied Micro- and Nanotechnology; Bio-Technology & Chemistry</u></p>

	<p>Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen die für die in der Natur stattfindenden Prozeduren und Prozesse notwendigen Grundlagen der <ul style="list-style-type: none"> ○ Angewandten Mikro- und Nanotechnologie, ○ Biotechnologie und ○ Biochemie • Sind dadurch in der Lage, die wesentlichen in der Natur stattfindenden Prozeduren und Prozesse anschaulich zu erklären und zu beschreiben, wie z.B. <ul style="list-style-type: none"> ○ Wechselwirkungskräfte zwischen Atomen und Molekülen ○ Adhäsion, Oberflächenspannung, Oberflächenrauigkeit, Oberflächenenergie, Kontakttheorie ○ Mikro- und Nanomechanik und Tribologie ○ Mikrorisse und Rissbildung ○ Wasserstofftechnologie ○ Selbstaggregation, Selbstassemblierung ○ Mikro- und Nano-optik/Photonik ○ Mikro- und Nanostrukturierung und Beschichtung <p><u>Biomimetics: Procedures and Processes in Nature</u></p> <p>Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen die wichtigsten Beispiele im Bereich bio-inspirierte Prozeduren und Prozesse • Können den biomimetischen Abstrahierungsprozess anhand von Beispielen nachvollziehen • Können einfache biomimetische Anwendungen und deren Herstellungsverfahren kritisch auf deren Nachhaltigkeit hinterfragen
Titel der Lehrveranstaltung	Biology for Engineers: Micro-, Molecular and Synthetic Biology
Umfang	3 ECTS
Lage im Curriculum	3. Semester/Modul PAP
Lehr- und Lernformen	Vorlesung
Prüfungsmodalitäten	Klausur, Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Mit welchen Verfahren steuert die Natur Vorgänge und Umsätze – z.B. organische Bioenergetik wie etwa die Photosynthese • Grundlagen der in der Natur stattfindenden Prozeduren und Prozesse im Bereich <ul style="list-style-type: none"> - Mikro- - Molekular- und - Synthetischen Biologie • Beschreiben und Verinnerlichen der wesentlichen in der Natur stattfindenden Prozeduren und Prozesse, wie z.B. <ul style="list-style-type: none"> - Bioenergetik (Photosynthese, Recycling, Vermeiden von Depositionsmaterialien - Mikro- und nanostrukturierte biologische Oberflächeneffekte (Haftung, Nichthaftung, Antifouling, Selbstreinigung, Widerstandsreduktion) - Strukturierungshierarchien - Verfahren zur Herstellung energiereicher Oberflächen - Energieminimierungsprinzip - Filter und Membrane, Nebelfänge - Selbstheilung, Reinigung und Assemblierung - Wachstum

	<ul style="list-style-type: none"> - Energie- und Industriepflanzen - Bio-Kommunikation - Targeted Genome Editing CRISPR/Cas9 <ul style="list-style-type: none"> • MOOC Reflexion „Principles of Synthetic Biology“ (MIT)
Titel der Lehrveranstaltung	Engineering Principles for Biomimetics: Applied Micro and Nanotechnology, Bio-Technology & Chemistry
Umfang	3 ECTS
Lage im Curriculum	3. Semester/Modul PAP
Lehr- und Lernformen	Vorlesung
Prüfungsmodalitäten	Klausur, Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Prozeduren und Prozesse in der Natur: Naturwissenschaftliche Grundlagen der angewandten Mikro- und Nanotechnologie, Biotechnologie, und Biochemie • Prozeduren und Prozesse in der Natur: <ul style="list-style-type: none"> - Wechselwirkungskräfte zwischen Atomen und Molekülen - Adhäsion, Oberflächenspannung, Oberflächenrauigkeit, Oberflächenenergie, Kontakttheorie - Mikro- und Nanomechanik und Tribologie - Mikrorisse und Rissbildung - Wasserstofftechnologie - Selbstaggregation, Selbstassemblierung - Mikro- und Nanooptik/Photonik - Mikro- und Nanostrukturierung und Beschichtung • MOOC Reflexion „Principles of Synthetic Biology“ (MIT) <ul style="list-style-type: none"> - Principles of Biochemistry (Harvard) - Micro and Nanofabrication (MEMS) by EPFL
Titel der Lehrveranstaltung	Biomimetics: Procedures and Processes in Nature
Umfang	2 ECTS
Lage im Curriculum	3. Semester/Modul PAP
Lehr- und Lernformen	Vorlesung
Prüfungsmodalitäten	Klausur, Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> - Wichtige Beispiele im Bereich bio-inspirierte Prozeduren und Prozesse: Verstehen, Abstrahieren und Anwenden - Bio-inspirierte Prozeduren und Prozesse – Nachhaltigkeit von biomimetischen Anwendungen und deren Herstellungsverfahren

Modulnummer: EAO	Modultitel: Evolution & Optimization (6 ECTS / English) <i>Evolution und Optimierung</i>
Lehrgang	Bio-Inspired Engineering
Lage im Curriculum	3. Semester / 3rd Term
Zuordnung zu den Teilgebieten	Neuntes Teilgebiet der Biomimetik (Biologische, Technische, Biomimetische und praktische Grundlagen)
Niveaustufe	Einführung
Vorkenntnisse	1. und 2. Semester
Geblockt	ja
Kreis der Teilnehmer	Lehrgangs- und Zertifikats-TeilnehmerInnen
Beitrag zu nachfolgenden Modulen	BL3 sowie zu allen Modulen im 4. Semester
Literaturempfehlung	<p><u>Biology for Engineers: Theoretical and Evolutionary Biology, Self-Assembly and Molecular Machines</u></p> <p>Ad Theoretical Biology</p> <ul style="list-style-type: none"> • Callebaut, Werner. "Modularity: Understanding the Development and Evolution of Natural Complex Systems (Vienna Series in Theoretical Biology)." (2005). <p>Ad Evolutionary-Biology</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beyer, Hans-Georg. The theory of evolution strategies. Springer Science & Business Media, 2013. • Ernst Mayr: The Growth of Biological Thought. Diversity, Evolution, and Inheritance. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts (1982). <p>Self-Assembly & Molecular Machines</p> <ul style="list-style-type: none"> • Balzani, Vincenzo, Venturi, Margherita and Credi, Alberto. Molecular devices and machines: a journey into the nanoworld. John Wiley & Sons, 2006. • Pelesko, J.A., (2007) Self Assembly: The Science of Things That Put Themselves Together, Chapman & Hall/CRC Press. <p><u>Engineering Principles for Biomimetics: Mathematical Biology & Applied Computer Sciences</u></p> <p>Mathematical Biology</p> <ul style="list-style-type: none"> • Britton, Nicholas. Essential mathematical biology. Springer Science & Business Media, 2012. • Prusinkiewicz, P. & Lindenmeyer, A. 1990. The Algorithmic Beauty of Plants. Berlin: Springer-Verlag. <p>Applied Computer Sciences</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bendsoe, Martin Philip, and Ole Sigmund. Topology optimization: theory, methods, and applications. Springer Science & Business Media, 2013. • Brackett, D., I. Ashcroft, and R. Hague. "Topology optimization for additive manufacturing." Proceedings of the Solid Freeform Fabrication Symposium, Austin, TX. 2011. <p><u>Biomimetics: Evolution and Optimization</u></p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Bendsoe, Martin Philip, and Ole Sigmund. Topology optimization: theory, methods, and applications. Springer Science & Business Media, 2013. • Dasgupta, Dipankar, and Zbigniew Michalewicz, eds. Evolutionary algorithms in engineering applications. Springer Science & Business Media, 2013. • Michalski, Ryszard S., Jaime G. Carbonell, and Tom M. Mitchell, eds. Machine learning: An artificial intelligence approach. Springer Science & Business Media, 2013. • Simon, Dan. Evolutionary optimization algorithms. John Wiley & Sons, 2013.
MOOCs	<p><u>Biology for Engineers: Theoretical and Evolutionary Biology, Self-Assembly and Molecular Machines</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Principles of Synthetic Biology (MIT) • Introduction to Systems Biology (IEEE) <p><u>Engineering Principles for Biomimetics: Mathematical Biology & Applied Computer Sciences</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to Computer Science and Programming Using Python (MIT) • Hands-on Introduction to Engineering Simulations (Cornell) <p><u>Biomimetics: Evolution and Optimization</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Cellular Solids 1,3: Structures, Properties and Engineering Applications (MIT)
Kompetenzerwerb	<p><u>Biology for Engineers: Theoretical and Evolutionary Biology, Self-Assembly and Molecular Machines</u></p> <p>Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen die für die Biomimetik erforderlichen Grundlagen der Theoretischen Biologie – d.h., die grundlegenden formalen Modelle zur Beschreibung biologischer Phänomene (Dynamik lebender Systeme) • Kennen und verstehen die für die Biomimetik erforderlichen Grundlagen der Evolutionsbiologie • Kennen und verstehen die für die Biomimetik erforderlichen Grundlagen der Selbstassemblierung • Kennen und verstehen die für die Biomimetik erforderlichen Grundlagen von molekularen Maschinen • Sind in der Lage, die oben genannten Grundlagen dieser 4 Teilbereiche anschaulich zu erklären und zu beschreiben <p><u>Engineering Principles for Biomimetics: Mathematical Biology & Applied Computer Sciences</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen die für die Biomimetik erforderlichen Grundlagen der mathematischen Biologie • Kennen und verstehen die für die Biomimetik erforderlichen Grundlagen der Angewandten Informatik • Sind in der Lage, die oben genannten Grundlagen der mathematischen Biologie und angewandten Informatik für eine softwaretechnische Umsetzung aufzubereiten <p><u>Biomimetics: Evolution and Optimization</u></p> <p>Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen die wichtigsten bio-inspirierten Beispiele im Bereich Evolution und Optimierung • Können den biomimetischen Abstrahierungsprozess anhand von Beispielen nachvollziehen

	<ul style="list-style-type: none"> • Können einfache biomimetische Anwendungen und deren Herstellungsverfahren kritisch auf deren Nachhaltigkeit hinterfragen
Titel der Lehrveranstaltung	Biology for Engineers: Theoretical and Evolutionary Biology, Self-Assembly and Molecular Machines
Umfang	2 ECTS
Lage im Curriculum	3. Semester/Modul (EAO)
Lehr- und Lernformen	Vorlesung
Prüfungsmodalitäten	Klausur, Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Das Prinzip der biologischen Evolution • Grundlagen der Theoretischen Biologie für die Biomimetik <ul style="list-style-type: none"> - Grundlegende formale Modelle zur Beschreibung biologischer Phänomene (Dynamik lebender Systeme) - Evolutionäre stabile Systeme - Replikationsgleichungen • Grundlagen der Selbstassemblierung und Selbstoptimierung in biologischen Systemen • Grundlagen von molekularen Maschinen • Sind in der Lage, die oben genannten Grundlagen dieser 4 Teilbereiche anschaulich zu erklären und zu beschreiben • MOOC Reflexion <ul style="list-style-type: none"> - Principles of Synthetic Biology (MIT) - Introduction to Systems Biology (IEEE)
Titel der Lehrveranstaltung	Engineering Principles for Biomimetics: Mathematical Biology & Applied Computer Sciences
Umfang	2 ECTS
Lage im Curriculum	3. Semester/Modul EAO
Lehr- und Lernformen	Vorlesung
Prüfungsmodalitäten	Klausur, Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der mathematischen Biologie und der Angewandten Informatik für die Biomimetik: <ul style="list-style-type: none"> - Evolutionäre Algorithmen - Soft Kill Option Methode (Topologieoptimierung) - Computer Aided Optimization (Gestaltungsoptimierung) - Simulated Annealing - Künstliche Intelligenz • Algorithmen Umsetzung <ul style="list-style-type: none"> - Pseudocode, Struktogramm, Programmablaufplan • MOOC Reflexion <ul style="list-style-type: none"> - Introduction to Computer Science and Programming Using Python (MIT) - Hands-on Introduction to Engineering Simulations (Cornell)
Titel der Lehrveranstaltung	Biomimetics: Evolution and Optimization
Umfang	2 ECTS
Lage im Curriculum	3. Semester/Modul EAO
Lehr- und Lernformen	Vorlesung
Prüfungsmodalitäten	Klausur, Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Biomimetische Beispiele im Bereich Evolution und Optimierung <ul style="list-style-type: none"> - Evolutionstechnik und Strategie - Struktur-, Topologie- und Gestaltungsoptimierung (Verhinderung von Spannungsspitzen, Gewichtsreduktion, etc.) - Kerbspannungsabbau, etc.

Modulnummer: BL3	Modultitel: Biomimetics Lab 3 (8 ECTS / English) <i>Biomimetik Lab 3</i>
Lehrgang	Bio-Inspired Engineering
Lage im Curriculum	3. Semester / 3rd Term
Zuordnung zu den Teilgebieten	<u>Lab und Praxisteil</u> für die Module aus dem 3. Semester
Niveaustufe	Einführung
Vorkenntnisse	Module des 3. Semesters
Geblockt	ja
Kreis der Teilnehmer	Lehrgangs- und Zertifikats-TeilnehmerInnen
Beitrag zu nachfolgenden Modulen	Alle Module im 4. Semester
Literaturempfehlung	<p><u>Imaging Lab 3</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Egerton, Ray F. Physical principles of electron microscopy: an introduction to TEM, SEM, and AEM. Springer Science & Business Media, 2nd edition (2016). • Mertz, Jerome. Introduction to Optical Microscopy. W. H. Freeman; 1 edition (2009). • Robinson, David G., et al. Methods of preparation for electron microscopy: an introduction for the biomedical sciences. Springer Science & Business Media, 2012. • Werner Nachtigall. Exploring with the Microscope (A Book of Discovery & Learning). Sterling (1997) <p><u>Programming-Lab</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Lutz, Mark. Learning python. "O'Reilly Media, Inc.", 2013. • Stevens, Tim J., and Wayne Boucher. Python Programming for Biology. Cambridge University Press, 2015. • Back, Thomas. Evolutionary algorithms in theory and practice: evolution strategies, evolutionary programming, genetic algorithms. Oxford university press, 1996. • Bendsoe, Martin Philip, and Ole Sigmund. Topology optimization: theory, methods, and applications. Springer Science & Business Media, 2013. • Cormen, Thomas H. <i>Introduction to algorithms</i>. 3rd edition, MIT press, 2009. • Haupt, Randy L., and Sue Ellen Haupt. Practical genetic algorithms. John Wiley & Sons, 2004. • Madenci, Erdogan, and Ibrahim Guven. The finite element method and applications in engineering using ANSYS®.

	<p>Springer, 2015.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mitchell, Melanie. An introduction to genetic algorithms. MIT press, 1998. <p><u>Simulation and Optimization 3 (using finite elements)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Bendsoe, Martin Philip, and Ole Sigmund. Topology optimization: theory, methods, and applications. Springer Science & Business Media, 2013. • Madenci, Erdogan, and Ibrahim Guven. The finite element method and applications in engineering using ANSYS®. Springer, 2015. • Strang, Gilbert, and George J. Fix. An analysis of the finite element method. Vol. 212. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-hall, 1973. • Zienkiewicz, Olgierd Cecil, et al. The finite element method. Vol. 3. London: McGraw-hill, 1977. <p><u>Rapid Prototyping & Manufacturing 3</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Gershenfeld, Neil. <i>Fab: the coming revolution on your desktop--from personal computers to personal fabrication</i>. Basic Books, 2008. • Pham, Duc, and Stefan S. Dimov. Rapid manufacturing: the technologies and applications of rapid prototyping and rapid tooling. Springer Science & Business Media, 2012. • Venuvinod, Patri K., and Weiyin Ma. Rapid prototyping: laser-based and other technologies. Springer Science & Business Media, 2013.
MOOCs	<p><u>Programming Lab</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to Computer Science and Programming using Python (MIT) • Introduction to Computer Science (Harvard) <p><u>Simulation and Optimization 3 (using finite elements)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to Computational Thinking and Data Science (Harvard) • Hands-on Introduction to Engineering Simulations (Cornell)
Kompetenzerwerb	<p><u>Imaging Lab 3</u> Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vertiefen ihre Kenntnisse aus dem Imaging Lab 1 bzgl. Funktionsweise, Einsatzgebiete, Möglichkeiten, Einschränkungen und Präparationstechniken der wesentlichen bildgebenden Analyseverfahren für BiomimetikerInnen (Lichtmikroskop, 3D-Mikroskopie, REM, Micro CT, OCT, MRI, Ultraschall) • Sind in der Lage, selbständig an oben genannten Systemen zu arbeiten (z.B. 3D-Lichtmikroskop, REM, Mikro-CT) • Sind in der Lage, mithilfe dieser Systeme gezielt Geometrien angelehnt an Beispiele der Module <ul style="list-style-type: none"> - <i>Bio-Inspired Innovation</i> - <i>Procedures and Processes</i> - <i>Evolution & Optimization</i> durchzuführen, zu dokumentieren und auszuwerten <p><u>Programming Lab (using Python)</u> Die TeilnehmerInnen</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen die Grundlagen der objektorientierten Programmierung • Kennen und verstehen die Grundlagen der Programmierung mit Python • Kennen und verstehen die Grundlagen von "Biopython" • Sind in der Lage, selbständig mithilfe von Python kleinere Optimierungsprogramme auf Basis generischer Algorithmen zu schreiben <p><u>Simulation and Optimization 3 (using Finite Elements)</u> Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen die Möglichkeiten von modernen Simulations- und Optimierungsprogrammen im Bereich Biomimetik, und erlangen ein vertieftes Verständnis insbesondere bzgl. der Schwerpunkte „Verfahren und Abläufe“ sowie „Evolution und Optimierung“ • Kennen und verstehen die Möglichkeiten von modernen Simulations- und Optimierungsprogrammen im Bereich Biomimetik, und erlangen ein vertieftes Verständnis insbesondere bzgl. der „nachhaltigen Fertigung von biomimetischen Produkten“ • Kennen und verstehen für Möglichkeiten und Einschränkungen der Simulation und Optimierung mittels Finiter Elemente in den oben genannten Bereichen • Sind in der Lage, komplexere Simulations- und Optimierungsaufgaben aus den oben genannten Bereichen selbstständig mithilfe eines Finite Elemente Programms (Ansys) zu simulieren und zu optimieren <p><u>Rapid Prototyping & Manufacturing 3</u> Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen die Möglichkeiten der digitalen und additiven Fertigung für die Entwicklung von biomimetischen Produkten • Kennen und verstehen die Möglichkeiten der digitalen und additiven Fertigung für die Nachhaltige Fertigung von biomimetischen Produkten • Sind in der Lage, selbständig im Fablab biomimetische Prototypen zu fertigen und zu testen – insbesondere für die Module <ul style="list-style-type: none"> - <i>Bio-Inspired Innovation</i> - <i>Procedures and Processes</i> - <i>Evolution & Optimization</i>
Titel der Lehrveranstaltung	Imaging Lab 3
Umfang	2 ECTS
Lage im Curriculum	3. Semester Modul/BL3
Lehr- und Lernformen	Übung, eLearning
Prüfungsmodalitäten	Projektarbeit BL3 + Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Lab-Übungen am Lichtmikroskop, 3D-Mikroskopie, REM, Micro CT, OCT, MRI, Ultraschall anhand von Beispielen aus den Term 3 Modulen <ul style="list-style-type: none"> - <i>Bio-Inspired Innovation</i> - <i>Procedures and Processes</i> - <i>Evolution & Optimization</i> • Lab-Übungen Digitales Erfassen von relevanten Geometrien

	<p>anhand von Beispielen aus den Modulen des 3ten Semesters, sowie deren Auswertung, Interpretation, Dokumentation und Darstellung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lab-Übungsaufgaben/Projektarbeit
Titel der Lehrveranstaltung	Programming Lab (Using Python)
Umfang	2 ECTS
Lage im Curriculum	3. Semester Modul/BL3
Lehr- und Lernformen	Übung, eLearning
Prüfungsmodalitäten	Projektarbeit BL3 + Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der objektorientierten Programmierung • Grundlagen der Programmierung mit Python • Grundlagen von "Biopython" • Selbständiges Programmieren von kleineren Optimierungsprogrammen (Prozess-, Topologie- und Gestaltungsoptimierung) auf Basis generischer Algorithmen mittels Python • MOOCs-Reflexion - Introduction to Computer Science and Programming using Python (MIT) - Introduction to Computer Science (Harvard)
Titel der Lehrveranstaltung	Simulation and Optimization 3 (using Finite Elements)
Umfang	2 ECTS
Lage im Curriculum	3. Semester Modul/BL3
Lehr- und Lernformen	Übung, eLearning
Prüfungsmodalitäten	Projektarbeit BL3 + Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Übungen zu den Möglichkeiten von modernen Simulations- und Optimierungsprogrammen im Bereich Biomimetik – insbesondere bzgl. der Schwerpunkte „Verfahren und Abläufe“ sowie „Evolution und Optimierung“ • Übungen zu den Möglichkeiten von modernen Simulations- und Optimierungsprogrammen im Bereich Biomimetik – insbesondere nachhaltige Fertigung von biomimetischen Produkten • Selbständiges Optimieren/Simulieren mittels eines Finite Element-Programms (Ansys) - Lösen komplexerer Simulations- und Optimierungsaufgaben aus den oben genannten Bereichen • MOOCs Reflexion - Introduction to Computational Thinking and Data Science (Harvard) - Hands-on Introduction to Engineering Simulations (Cornell)
Titel der Lehrveranstaltung	Rapid Prototyping & Manufacturing 3
Umfang	2 ECTS
Lage im Curriculum	3. Semester Modul/BL3
Lehr- und Lernformen	Übung, eLearning
Prüfungsmodalitäten	Projektarbeit BL3 + Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Lab-Übungen: Möglichkeiten der digitalen und additiven Fertigung für die Entwicklung von biomimetischen Produkten • Lab-Übungen: Möglichkeiten der digitalen und additiven Fertigung für die nachhaltige Fertigung von biomimetischen Produkten • Lab-Übungen zum selbständigen Fertigen und Testen von biomimetischen Prototypen – insbesondere für die Module <i>Bio-Inspired Innovation</i> - <i>Bio-Inspired Innovation</i>

	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Procedures and Processes</i> - <i>Evolution & Optimization</i>
--	--

3.4.4 Semester 4

Modulnummer: SAO	Modultitel: Systemics and Organization (6 ECTS / English) <i>Systemik und Organisation</i>
Lehrgang	Bio-Inspired Engineering
Lage im Curriculum	4. Semester / 4th Term
Zuordnung zu den Teilgebieten	Zehntes Teilgebiet der Biomimetik (Biologische, Technische, Biomimetische und praktische Grundlagen)
Niveaustufe	Einführung
Vorkenntnisse	1., 2. und 3. Semester
Geblockt	ja
Kreis der Teilnehmer	Lehrgangs- und Zertifikats-TeilnehmerInnen
Beitrag zu nachfolgenden Modulen	BL4

<p>Literaturempfehlung</p>	<p><u>Biology for Engineers: Systemics and Organization</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Camazine, Scott. Self-organization in biological systems. Princeton University Press, 2003. • Grime, J. Philip. Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties. John Wiley & Sons, 2006. • Kennedy, James, et al. Swarm intelligence. Morgan Kaufmann, 2001. <p><u>Engineering Principles for Biomimetics: Systems Engineering and Cybernetics</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Davis, Don, and Eugene Patronis. Sound system engineering. CRC Press, 2014. • Pedrycz, Witold, and Fernando Gomide. Fuzzy systems engineering: toward human-centric computing. John Wiley & Sons, 2007. • Von Foerster, Heinz. Understanding understanding: Essays on cybernetics and cognition. Springer Science & Business Media, 2007. • Wiener, Norbert. Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine. Vol. 25. MIT press, 1961. <p><u>Biomimetics: Systemics und Organization</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Berkes, Fikret, Carl Folke, and Johan Colding. Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience. Cambridge University Press, 2000. • Haefner, James W., ed. Modeling biological systems: principles and applications. Springer Science & Business Media, 2012. • Hannon, Bruce, and Matthias Ruth. "Modeling dynamic biological systems." Modeling dynamic biological systems. Springer International Publishing, 2014. 3-28. • Lesk, Arthur. Introduction to bioinformatics. Oxford University Press, 2013.
	<ul style="list-style-type: none"> • Malik, Fredmund. Strategy: Navigating the Complexity of the New World. Vol. 3. Campus Verlag, 2013.
<p>MOOCs</p>	<p><u>Biology for Engineers: Systemics and Organization</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to Systems Biology (IEEE) • Circular Economy: An Introduction (TU Delft) <p><u>Engineering Principles for Biomimetics: Systems Engineering and Cybernetics</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Nature, in Code: Biology in JavaScript (EPFL) <p><u>Biomimetics: Systemics und Organization</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Artificial Intelligence (Berkeley) • Cognitive Neuroscience Robotics – Part A (Osaka University)

<p>Kompetenzerwerb</p>	<p><u>Biology for Engineers: Systemics and Organization</u> Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen die für die Biomimetik wesentlichen Grundlagen - biologischer Systeme und Organisationsformen - von Ökosystemen und Umweltökologie - des zentralen Nervensystems - der Kommunikation • Kennen und verstehen die für die Biomimetik wesentlichen Naturstrategien der Komplexitätsbewältigung • Sind der Lage, die oben beschriebenen Methoden und Prozesse fachgerecht in eigenen Worten zu beschreiben <p><u>Engineering Principles for Biomimetics: Systems Engineering and Cybernetics</u> Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen die für die Biomimetik wesentlichen Grundlagen - der Kybernetik - der Systemtheorie - des Systems Engineering • Sind der Lage, die oben beschriebenen Methoden und Prozesse fachgerecht in eigenen Worten zu beschreiben <p><u>Biomimetics: Systemics and Organization</u> Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen der wichtigsten Beispiele im Bereich bio-inspirierte Systeme und Organisationen • Können den biomimetischen Abstrahierungsprozess anhand von Beispielen nachvollziehen • Können einfache biomimetische Anwendungen und deren Herstellungsverfahren kritisch auf deren Nachhaltigkeit hinterfragen
<p>Titel der Lehrveranstaltung</p>	<p>Biology for Engineers: Systemics and Organization</p>
<p>Umfang</p>	<p>2 ECTS</p>
<p>Lage im Curriculum</p>	<p>4. Semester/Modul SAO</p>
<p>Lehr- und Lernformen</p>	<p>Vorlesung</p>
<p>Prüfungsmodalitäten</p>	<p>Klausur, Assignments</p>
<p>Lehrinhalte</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen - biologischer Systeme und Organisationsformen - vom Ökosystemen und Umweltökologie - des zentralen Nervensystems - der Kommunikation Weitere Themen: Selbstorganisation, staatenbildende Lebewesen (Bienen, Termiten, Ameisen, etc.), Schwarmverhalten und Schwarmintelligenz, vernetztes Denken • Grundlagen Naturstrategien der Komplexitätsbewältigung • Fachgerechtes Beschreiben der oben genannten Methoden und Prozesse • MOOC-Reflexion - Introduction to Systems Biology (IEEE) - Circular Economy: An Introduction (TU Delft)
<p>Titel der Lehrveranstaltung</p>	<p>Engineering Principles for Biomimetics: Systems Engineering and Cybernetics</p>
<p>Umfang</p>	<p>2 ECTS</p>

Lage im Curriculum	4. Semester/Modul SAO
Lehr- und Lernformen	Vorlesung
Prüfungsmodalitäten	Klausur, Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen <ul style="list-style-type: none"> - der Kybernetik - der Systemtheorie - des Systems Engineering • Fachgerechtes Beschreiben der oben genannten Methoden und Prozesse • MOOC-Reflexion <ul style="list-style-type: none"> - Nature, in Code: Biology in JavaScript (EPFL)
Titel der Lehrveranstaltung	Biomimetics: Systemics und Organization
Umfang	2 ECTS
Lage im Curriculum	4. Semester/Modul SAO
Lehr- und Lernformen	Vorlesung
Prüfungsmodalitäten	Klausur, Assignments
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Beispiele im Bereich bio-inspirierte Systeme und Organisationen • Der biomimetische Abstrahierungsprozess anhand von Beispielen im Bereich bio-inspirierte Systeme und Organisationen • Kritische Analyse der Nachhaltigkeit von biomimetischen Anwendungen und deren Herstellungsverfahren im Bereich bio-inspirierte Systeme und Organisationen • MOOC-Reflexion <ul style="list-style-type: none"> - Artificial Intelligence (Berkeley) - Cognitive Neuroscience Robotics – Part A (Osaka University)

Modulnummer: BL4	Modultitel: Biomimetics Lab 4 (6 ECTS / English) <i>Biomimetik Lab 4</i>
Lehrgang	Bio-Inspired Engineering
Lage im Curriculum	4. Semester / 4th Term
Zuordnung zu den Teilgebieten	<u>Lab und Praxisteil</u> für die Module aus dem 4. Semester
Niveaustufe	Fortgeschritten
Vorkenntnisse	BL1-3, Module der ersten 3 Semester
Geblockt	ja
Kreis der Teilnehmer	Lehrgangs- und Zertifikats-TeilnehmerInnen
Beitrag zu nachfolgenden Modulen	Masterarbeit
Literaturempfehlung	<p><u>Option 1: How to <i>make</i> (almost) anything (together with MIT FabAcademy / CRI-Fablab / additional Fablabs)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Gershenfeld, Neil. "How to make almost anything: The digital fabrication revolution." Foreign Aff. 91 (2012): 43. • Gershenfeld, Neil. <i>Fab: the coming revolution on your desktop--from personal computers to personal fabrication</i>. Basic Books, 2008. • FabAcademy: http://fabacademy.org/ <p><u>Option 2: How to grow (<i>almost</i>) anything (together with MIT FabAcademy / Harvard Medical School / CRI-Fablab / additional Fablabs)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • HTGAA – the Bio Academy 2016 by George Church, Harvard Medical School: http://bio.academany.org/ • Church, George M., and Ed Regis. <i>Regenesi: how synthetic biology will reinvent nature and ourselves</i>. Basic Books, 2014. • Palsson, Bernhard. <i>Systems biology</i>. Cambridge university press, 2015. <p><u>Option 3: Field Trip "The Rainforest of the Austrians" (Costa Rica)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Gebeshuber, Ille C., and Mark O. MacQueen. "What is a physicist doing in the jungle? Biomimetics of the rainforest." <i>Applied Mechanics and Materials</i>. Vol. 461. Trans Tech Publications, 2014. • Grime, J. Philip. <i>Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties</i>. John Wiley & Sons, 2006. • Sánchez-Azofeifa, G. Arturo, et al. "Integrity and isolation of Costa Rica's national parks and biological reserves: examining the dynamics of land-cover change." <i>Biological Conservation</i> 109.1 (2003): 123-135.
MOOCs	<p><u>Option 1: How to <i>make</i> (almost) anything (together with MIT FabAcademy and the CRI-Fablab)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mechanical Behavior of Materials Part 1-3 (MIT) • Cellular Solids 1 Part 1-3 (MIT) <p><u>Option 2: How to grow (<i>almost</i>) anything (together with MIT FabAcademy / Harvard Medical School / CRI-Fablab / additional Fablabs)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Principles of Synthetic Biology (MIT) • Introduction to Systems Biology (IEEE)

<p>Kompetenzerwerb</p>	<p><u>Option 1: How to <i>make</i> (almost) anything (together with MIT Fab Academy and the CRI-Fablab & additional Fablabs)</u> Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen den Prozess der digitalen Fabrikation - von der Ideenfindung über das Rapid-Prototyping bis hin zur Dokumentation • Kennen und verstehen die Möglichkeiten digitaler Herstellungsmöglichkeiten • Kennen und verstehen die wesentlichen digitaler Codierungsformate und deren Umsetzung zu physikalischen Objekten • Sind in der Lage, selbständig mithilfe unterschiedlichster digitaler Geräte im Fablab verschiedene bio-inspirierte Prototypen herzustellen <p><u>Option 2: How to <i>grow</i> (almost) anything (together with MIT Fab Academy/Harvard Medical School/CRI-Fablab & additional Fablabs)</u> Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kennen und verstehen wichtige experimentelle Grundlagen der synthetischen Biologie • Sind in der Lage, grundlegende Experimente der synthetischen Biologie selbständig im Fablab durchzuführen <p><u>Option 3: Field Trip "The Rainforest of the Austrians" (Costa Rica)</u> Die TeilnehmerInnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sind in der Lage, im freien Feld eine Vielzahl von biologischen Vorbildern der Biomimetik systematisch zu analysieren und in ihrem funktionalen Zusammenhang zu betrachten • Kennen und verstehen die Vorgehensweise der biologischen Feldforschung • Sind in der Lage, unter realen Feldforschungsbedingungen geplante Experimente durchzuführen, zu dokumentieren und zu interpretieren
<p>Titel der Lehrveranstaltung</p>	<p>Option 1: How to make (almost) anything (together with MIT Fab Academy, the CRI-Fablab & additional Fablabs)</p>
<p>Umfang</p>	<p>6</p>
<p>Lage im Curriculum</p>	<p>4. Semester Modul/BL4</p>
<p>Lehr- und Lernformen</p>	<p>Übung, eLearning</p>
<p>Prüfungsmodalitäten</p>	<p>Projektarbeit BL4 + Assignments (auch in Verbindung mit Masterarbeit möglich)</p>
<p>Lehrinhalte</p>	<ul style="list-style-type: none"> • principles and practices, project management • computer-aided design • computer-controlled cutting • electronics production • 3D scanning and printing • electronics design • computer-controlled machining • embedded programming • mechanical design • machine design • input devices • molding and casting • output devices • composites

Titel der Lehrveranstaltung	Option 2: How to grow (almost) anything (together with MIT Fab Academy/Harvard Medical School/CRI-Fablab/additional Fablabs)
Umfang	6
Lage im Curriculum	4. Semester Modul/BL4
Lehr- und Lernformen	Übung, eLearning
Prüfungsmodalitäten	Projektarbeit BL4 + Assignments (auch in Verbindung mit Masterar-
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Principles and Practices • Tool Chains
Titel der Lehrveranstaltung	<ul style="list-style-type: none"> • Option 3: Field Trip "Costa Rica: the Rainforest of the Austrians"
Umfang	6
Lage im Curriculum	4. Semester Modul/BL4
Lehr- und Lernformen	Übung, eLearning
Prüfungsmodalitäten	Projektarbeit BL4 + Assignments (auch in Verbindung mit Masterar-
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Formulierung der Forschungsfrage • Durchführung von Recherchen
	<ul style="list-style-type: none"> •

Modulnummer: MAT	Modultitel: Master Thesis (18 ECTS / English) <i>Masterarbeit</i>
Lehrgang	Bio-Inspired Engineering
Lage im Curriculum	4. Semester / 4th Term
Zuordnung zu den Teilgebieten	<u>Abschlussarbeit</u>
Niveaustufe	Fortgeschritten
Vorkenntnisse	BL1-3, alle Module
Geblockt	n.z.
Kreis der Teilnehmer	Lehrgangs-TeilnehmerInnen
Beitrag zu nachfolgenden Modulen	n.z.
Literaturempfehlung	<ul style="list-style-type: none"> • Ad Bücher: vgl. entsprechendes Modul für das gewählte Thema der Masterarbeit • Ad Fachzeitschriften: entsprechend Literaturrecherche für die Masterarbeit <p>Zudem:</p> <p><u>Best Practice in Scientific Working</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Gauch, Hugh G., Jr. (2003), Scientific Method in Practice, Cambridge University Press. • James T. McClave and Terry T Sincich. Statistics. Pearson; 12 edition (2012). • Kate L. Turabian. A Manual for Writers of Research Papers, Theses, and Dissertations, Eighth Edition: Chicago Style for Students and. University Of Chicago Press; 8 edition (March 28, 2013) • Max Planck Gesellschaft. Rules of Good Scientific Practice (2009). <p><u>Biomimetics as a Science</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • W. Nachtigall. Bionik als Wissenschaft. Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2010) • Y. Helfmna Cohen, Y. Reich. Biomimetic Design Method for Innovation and Sustainability. Springer Verlag (2016).
MOOCs	keine

Kompetenzerwerb	<p><u>Die TeilnehmerInnen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Können ein relevante Forschungsfrage aus dem Gebiet der Biomimetik formulieren • Können selbständig eine ausreichende Literaturrecherche durchführen und das Gelernte in einem neuen Zusammenhang anwenden • Können den biomimetischen Abstraktionsprozess zu einem guten Teil (mit Unterstützung des/der Betreuers/in) selbständig durchführen • Können die notwendigen Simulationen und Optimierungen zu einem guten Teil selbständig durchführen • Können die notwendigen Experimente/Machbarkeitsstudien zu einem guten Teil selbständig planen und durchführen • Können die gewonnenen Daten selbständig dokumentieren, (statistisch) analysieren und interpretieren • Sind in der Lage, mit Unterstützung des/der Betreuers/in Schlussfolgerungen für die nächsten notwendigen Schritte zu ziehen
Titel der Lehrveranstaltung	Master Thesis
Umfang	18
Lage im Curriculum	4. Semester Modul/MAT
Lehr- und Lernformen	Betreuung / Coaching
Prüfungsmodalitäten	Masterarbeit und Masterprüfung
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Suchen eines geeigneten Forschungsthemas • Formulierung der Forschungsfrage • Literaturrecherche • Biomimetischer Abstraktionsprozess • Simulationen und Optimierungen • Planen und durchführen der Experimente/Machbarkeitsstudien • Dokumentieren, (statistisches) analysieren und interpretieren der gewonnenen Daten • Schlussfolgerungen und nächste notwendige Schritte <p>Der praktische Teil wird optimalerweise mit Projekten aus dem Biomimetics Lab BL4 ergänzt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Option 1: How to make (almost) anything (together with MIT FabAcademy and the CRI-Fablab) • Option 2: How to grow (almost) anything (together with MIT FabAcademy / Harvard Medical School / CRI-Fablab / additional Fablabs) • Option 3: Field Trip "The Rainforest of the Austrians" (Costa Rica)