

# MODUL HANDBOOK: Masters Biochemistry

## Compulsory modules:

[11]	Study course overview	Compulsory module	3 CP (total) = 90 h				3 SWS
			Contact hours 3 SWS / 45 h		Independent study 45 h		
<b>Content</b>							
	<p><u>Welcome Event</u>: In order to facilitate students' entry into the MSc Biochemistry programme, an introductory seminar is held at the beginning of the study programme. The aim of the seminar is to provide an overview and all relevant information about the study programme and module options. In addition, lecturers will give short presentations on their specific area of work and teaching while students will give a short presentation on the topic of their bachelor thesis. There will also be a social programme to encourage people to get to know each other.</p> <p><u>Introducing the research groups</u>: The lecturers of the study programme present an overview of their research, recent publications and teaching. Afterwards a representative paper provided by the lecturer will be presented by a group of students in the form of a short presentation and discussed in the plenary.</p>						
<b>Learning outcomes and skills</b>							
	<p>The <b>Welcome Event</b> provides a comprehensive understanding of the structure of this study programme. By providing clear guidance on the structure of the programme, it aims to equip students with the necessary skills to navigate and succeed in their studies. Students will be familiarised with the curriculum, learning objectives, academic requirements, module selection options, information resources, and online information platforms (QIS university portal, OLAT online learning platform). It aims to develop their skills in planning and organising their studies and in using resources effectively.</p> <p>The <b>Introducing the research groups</b> gives students an insight into the research interests of the lecturers involved in the study programme. It will also help them to decide on which topic and in which group they would like to do an internship and write a Master thesis. In addition, they will practise summarising and presenting a scientific paper.</p>						
<b>Admissions requirements/Conditions for participation in the module/courses</b>							
<b>Recommended prior knowledge</b>							
<b>Organizational details</b>							
	The introductory seminar usually takes place at the first two days of the first semester as a block event.						
<b>Module allocation (degree programme/faculty)</b>		Master Biochemistry / FB14					
<b>Module transferrable to other degree programmes</b>							
<b>Module offered</b>		winter semester					
<b>Duration</b>		1 semester					
<b>Module coordinator</b>		Dr. Liewald					
<b>Course requirements for credits</b>							
<b>Participation record</b>		Seminar: regular and active participation					
<b>Coursework</b>		Welcome Event: presentation on the topic of the student's bachelor thesis Introducing the research groups: paper presentation					
<b>Forms of teaching / learning</b>		Seminar					
<b>Language teaching and instruction</b>		English					
<b>Module assessment</b>		<b>Form / duration / content, if applicable</b>					
<b>Final module assessment</b>		None					
<b>Cumulative module assessment consisting of</b>							
<b>Composition of the module grade for cumulative module assessment</b>							
		Mode of teaching / study	Semester hours per week	Semester CP			
				1	2	3	4
	Welcome Event	S	1	1			
	Introducing the research groups	S	2	2			
	TOTAL		3	3			

[A1]	Group research proposal	Compulsory module	6 CP (total) = 180 h			2 SWS	
			Contact hours 2 SWS / 30 h	Independent study 150 h			
<b>Content</b>							
<p>In this module, students actively engage with content from the field of biochemistry by formulating a hypothetical research project. This process also hones their skills in crafting scientific documents. Consequently, students are introduced to the art of critically analyzing published works and identifying forward-looking subjects suitable for funding in a research project. They acquire the ability to construct hypotheses and provide scientific evidence for subsequent validation.</p> <p>Within this module, students will collaborate in groups to present and defend their research projects. These projects will pertain to current topics within the scope of the subject matter studied, and students will establish a timeline for their work. Those not presenting directly will act as audience members, serving as reviewers and learning to discern both the strengths and weaknesses in the proposals, and offering constructive feedback.</p> <p>Following these presentations and discussions, students will formulate a research proposal in English.</p>							
<b>Learning outcomes and skills</b>							
<p>After conducting a comprehensive review of the literature, students pinpoint research-focused, forward-looking subjects. Subsequently, they collaboratively generate thought-provoking questions as part of their group work, which serve as a foundation for crafting a research proposal. Students deliberate on the methodologies to employ and provide an outline of the anticipated outcomes. They then compose a research project in English and present and justify their research project to a panel of experts. Throughout this process, they acquire skills in teamwork, effective communication, and task delegation.</p>							
<b>Admissions requirements/Conditions for participation in the module/courses</b>							
None							
<b>Recommended prior knowledge</b>							
Module <i>Modern Methods of Biochemistry</i> .							
<b>Organizational details</b>							
<b>Module allocation (degree programme/faculty)</b>			Master Biochemistry / FB14				
<b>Module transferrable to other degree programmes</b>							
<b>Module offered</b>			Summer semester				
<b>Duration</b>			1 semester				
<b>Module coordinator</b>			Prof. Tampé				
<b>Course requirements for credits</b>							
<b>Participation record</b>			Regular and active participation				
<b>Coursework</b>			Presentation, written proposal (ca. 3.000 words) & discussion in groups (English) (90 min.)				
<b>Forms of teaching / learning</b>			Seminar				
<b>Language teaching and instruction</b>			English				
<b>Module assessment</b>			<b>Form / duration / content, if applicable</b>				
<b>Final module assessment</b>			None				
<b>Cumulative module assessment consisting of</b>							
<b>Composition of the module grade for cumulative module assessment</b>							
		Mode of teaching / study	Semester hours per week	Semester CP			
				1	2	3	4
	Group research proposal	S	2		6		
	TOTAL		2		6		

[A2]	Developing a research project	Compulsory module	8 CP (total) = 240 h				SWS	
			Contact hours		Independent study 240 h			
<b>Content</b>								
<p>Building on the seminar of the module <i>Group Research Proposal</i> should enable the students to independently identify a meaningful and relevant question from the field of biochemistry, to propose methodological approaches to answer them and to formulate this in a structured text based on a grant application for third-party funding.</p> <p>The topic must be developed individually by the students and should be derived from the range of topics, which extends between cellular biochemistry and biophysical chemistry. This can, for example, be current topics in membrane protein research, RNA biology, signal transduction structural biology, spectroscopy, or electrophysiology.</p> <p>The project descriptions are drawn up by the students under the individual supervision of a university lecturer in the subjects biochemistry or biophysical chemistry. Through interactive discourse, knowledge of methods, text analysis and data interpretation are imparted, as well as tips for creating a project outline and the feasibility of the project. The presentation of the project outline in the form of a lecture is accompanied by a detailed scientific discussion in which knowledge on the topic is examined. Feedback on the originality of the topic, the feasibility and the presentation of scientific contexts are conveyed.</p>								
<b>Learning outcomes and skills</b>								
<p>After attending the module, the students can:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• understand and assess the latest developments in biochemistry</li> <li>• identify research-relevant and forward-looking topics in the specialist literature</li> <li>• formulate hypotheses independently</li> <li>• coherently present a scientific argument in a logically structured text</li> <li>• independently develop, present and defend a research project</li> <li>• communicate scientifically precise in the English language</li> </ul>								
<b>Admissions requirements/Conditions for participation in the module/courses</b>								
Module <i>Group Research Proposal – A1</i>								
<b>Recommended prior knowledge</b>								
None								
<b>Organizational details</b>								
Submission deadlines for research projects are 31.01. and 30.06. of every year.								
<b>Module allocation (degree programme/faculty)</b>			Master Biochemistry / FB14					
<b>Module transferrable to other degree programmes</b>								
<b>Module offered</b>			Winter semester & summer semester					
<b>Duration</b>			1 semester					
<b>Module coordinator</b>			PD Dr Abele					
<b>Course requirements for credits</b>								
<b>Participation record</b>			None					
<b>Coursework</b>			None					
<b>Forms of teaching / learning</b>			Project					
<b>Language teaching and instruction</b>			English					
<b>Module assessment</b>			<b>Form / duration / content, if applicable</b>					
<b>Final module assessment</b>								
<b>Cumulative module assessment consisting of</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proposal (written form, max. 3000 words)</li> <li>- Presentation of the proposal (15 min.)</li> <li>- Oral exam (colloquium) on the proposal (45 min.)</li> </ul>					
<b>Composition of the module grade for cumulative module assessment</b>			Arithmetic mean of the three partial exams.					
			Mode of teaching / study	Semester hours per week	Semester CP			
					1	2	3	4
			Developing a research project	Project			8	
			TOTAL				8	

[A3]	Research Internship I and II	Compulsory module	10+10 CP (total) = 600+600 h				30 + 30 working days
			Contact hours 240+240 h	Independent study 360+360 h			
<b>Content</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>• literature research</li> <li>• familiarization with scientific topics</li> <li>• working on a research project of limited scope</li> <li>• writing a protocol</li> <li>• presentation of the project</li> </ul> <p>The research internships serve as orientation when selecting the research area for the master's thesis.</p>							
<b>Learning outcomes and skills</b>							
<p>After completing the internship, students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• plan a research project and its implementation</li> <li>• conduct a scientific research experiment</li> <li>• evaluate and interpret the results using modern methods</li> <li>• write a protocol with the framework of a scientific work</li> <li>• present the results in the working group</li> </ul>							
<b>Admissions requirements/Conditions for participation in the module/courses</b>							
None							
<b>Recommended prior knowledge</b>							
None							
<b>Organizational details</b>							
<p>As a general rule, the internships should take place:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• in one of the working groups of the biochemistry teaching unit</li> <li>• in the departments of the Goethe University directly involved in the study course (FB 13, 14, 15); the topic should cover either molecular biology or/and cell biology or/and biochemistry or/and biophysical chemistry.</li> <li>• in the institutes directly involved in the study course: MPI for Biophysics and working groups at the PEI, which are included in the list approved by the Biochemistry Study Commission (<a href="https://www.uni-frankfurt.de/81331711/Generic_81331711.pdf">https://www.uni-frankfurt.de/81331711/Generic_81331711.pdf</a>); the topic should cover either molecular biology or/and cell biology or/and biochemistry or/and biophysical chemistry.</li> </ul> <p>If the internships are completed outside of the working groups involved in the study course, e.g. in Faculty 16 (medicine), in industry or abroad, a university lecturer in the biochemistry teaching unit must act as an additional supervisor. To determine the topic, you must first consult with this supervisor. The topic should cover either molecular biology or/and cell biology or/and biochemistry or/and biophysical chemistry.</p> <p>Both internships can also be combined to a 12 weeks intership.</p>							
<b>Module allocation (degree programme/faculty)</b>		Master Biochemistry / FB14					
<b>Module transferrable to other degree programmes</b>							
<b>Module offered</b>		every semester, after consultation with the work group leaders; also during the lecture-free period					
<b>Duration</b>		1 semester (30 + 30 working days)					
<b>Module coordinator</b>		Chair of the Audit Committee					
<b>Course requirements for credits</b>							
<b>Participation record</b>							
<b>Coursework</b>		Presentation of the project results (15 min.)					
<b>Forms of teaching / learning</b>		Practical course					
<b>Language teaching and instruction</b>		English					
<b>Module assessment</b>		<b>Form / duration / content, if applicable</b>					
<b>Final module assessment</b>							
<b>Cumulative module assessment consisting of</b>		Practical activity and protocol are evaluated equally.					
<b>Composition of the module grade for cumulative module assessment</b>		A grade is formed from both parts as an overall assessment. <i>The grade of the better graded research internship is counted for the overall master grade. The lower one isn't.</i>					
		Mode of teaching / study	Semester hours per week	Semester CP			
				1	2	3	4
	Research internship I (30 working days)	P				10	
	Research internship II (30 working days)	P				10	
	TOTAL					20	

## Core area 1: Cellular & Organismic Biochemistry

[CI.1]	<b>Advanced Cell Biology</b>	<b>Compulsory elective module in the core area CI</b>	<b>4-8 CP (total) = 120 - 240 h</b>				<b>4-6 SWS</b>	
			<b>Contact hours</b> 4-6 SWS / 60-90 h	<b>Independent study</b> 60-150 h				
<b>Content</b>								
<p><u>Lecture</u>: Autophagy, mitochondrial cell biology, non-membranous organelles / phase transitions, endocytosis and membrane traffic, optogenetics in cell biology, signal transduction, systems and synthetic biology, other current developments in cell biology, modern methods in cell biology.</p> <p><u>Seminar (CEM)</u>: Current original literature on cell biological topics in the literature seminar is presented as a seminar talk (student groups of two or three), and discussed and evaluated in the plenum.</p> <p><u>Practical course (CEM)</u>: Basic cell-biological experiments using cultivated mammalian cells. Cell culture, sterile techniques, testing for contamination (PCR, fluorescence staining of mycoplasma), transfection of cells, light microscopy, (immuno)fluorescence microscopy, staining of specific cell types, organelles or cytoskeletal elements in fixed or unfixed cells, Ca<sup>2+</sup> imaging, luciferase assay and RNAi.</p> <p>The lecture must be combined with either the seminar (CEM) or/and the practical course (CEM).</p>								
<b>Learning outcomes and skills</b>								
After successfully completing the course, students are able to understand the basics, methods and complex relationships in cell biology and to critically evaluate current research literature. In addition, based on selected practical experiments on cultivated cells, they have learned basic methods and acquired skills so that they can apply them, for example as part of a master's thesis, in their own research project or later in their professional life.								
<b>Admissions requirements/Conditions for participation in the module/courses</b>								
Practical course & seminar: Passed final exam								
<b>Recommended prior knowledge</b>								
None								
<b>Organizational details</b>								
The practical course is offered as a one-week block course during the lecture-free time (maximum of 20 students per term).								
<b>Module allocation (degree programme/faculty)</b>			Master Biochemistry / FB14					
<b>Module transferrable to other degree programmes</b>								
<b>Module offered</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lecture: winter semester</li> <li>- Seminar: summer semester</li> <li>- Practical course: Offered each winter and summer semester during the lecture-free time</li> </ul>					
<b>Duration</b>			2 semesters					
<b>Module coordinator</b>			Prof. Gottschalk					
<b>Course requirements for credits</b>								
<b>Participation record</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seminar: Regular and active participation</li> <li>- Practical course: Regular attendance</li> </ul>					
<b>Coursework</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seminar: Presentation</li> <li>- Practical course: Fulfillment and protocols of the practical course experiments</li> </ul>					
<b>Forms of teaching / learning</b>			Lecture, seminar, practical course					
<b>Language teaching and instruction</b>			English					
<b>Module assessment</b>			<b>Form / duration / content, if applicable</b>					
<b>Final module assessment</b>			Written exam for the lecture (90 min.) or oral exam (45 min.)					
<b>Cumulative module assessment consisting of</b>								
<b>Composition of the module grade for cumulative module assessment</b>								
			Mode of teaching / study	Semester hours per week	Semester CP			
					1	2	3	4
	Advanced cell biology		L	2	3			
	CEM: Current topics in cell biology		S	2		3		
	CEM: Cell biology		P	2	2			
	TOTAL			4-6	5-8			

[C1.2] <i>Cellular and Molecular Neurobiology</i>	Cellular and Molecular Neurobiology	Compulsory elective module in the core area C1	5 - 8 CP (total) = 150 - 240 h		4 - 6 SWS
			Contact study 4-6 SWS / 60-90 hrs	Self-study 90-150 h	
<b>Content</b>					
<p><u>Lecture</u>: History of neuroscience, structure of the human brain, cells of the nervous system, structure and function of nerve cells, compartments of neurons, neuronal cytoskeleton and transport in neurons, structural principles of simple nervous systems. Electrical properties of neurons, Nernst potential, cable theory, passive and active electrical properties of the neuronal membrane, spatial and temporal summation, action potential, electrophysiology. Voltage-gated ion channels, structures and function. Electrical and chemical synapses, synaptic plasticity, neurotransmitters, neuropeptides. Optogenetic methods. Presynaptic structures and mechanisms of neurotransmitter release. SNAREs, synaptic vesicles and their "cycle". Postsynaptic organization and mechanisms. Postsynaptic plasticity, mRNA transport in dendrites, local translation. Metabotropic and ionotropic (nAChR, P2XR, AMPAR, NMDAR) neurotransmitter receptors, chemoreceptors, structures and function. 2<sup>nd</sup> messengers and kinase cascades. Sensory receptor cells (mechano-, chemo-, photo-, noci-) and molecular receptors, processing of sensory signals in the brain. Olfactory system. Thermoreception. Neuronal developmental biology, morphogenesis, axogenesis and targeting, cell specificity of synapse formation. Higher brain functions, neuro-modulatory systems, emotion, brain rhythms, epilepsy, sleep, learning, memory, reward system, hippocampus, LTP and LTD.</p> <p><u>Seminar (CEM)</u>: In the literature seminar, current original literature from the cellular and molecular neurobiology field, published in the past year, and related to the topics of the lecture, is presented in a seminar talk (individual students or groups of two), and discussed and evaluated in the plenum. Also special methods in neurobiology are covered as part of these seminars.</p> <p><u>Practical course (CEM)</u>: Basic cell- and neurobiology experiments using the model organism <i>Caenorhabditis elegans</i> (a soil nematode). Culture of <i>C. elegans</i>, visualization of specific cell types, organelles or cytoskeletal elements by fluorescent proteins, optogenetics, light-induced neurotransmitter release, secretion and endocytosis in <i>C. elegans</i>, pharmacological testing of synaptic transmission in wild-type and relevant mutants, sensory perception, thermotaxis, mechanoreception, chemotaxis, axon guidance.</p> <p><i>The lecture must be combined with either the seminar (CEM) or/and the practical course (CEM).</i></p>					
<b>Learning outcomes / competency goals</b>					
<p>After completing the module, students are able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>to reflect and distinguish the mechanisms of elementary nervous system functions, as well as (to some extent) higher brain functions in humans and mammals. Based on this knowledge, they can develop their own questions and work them out, aided by the research literature.</li> <li>to understand and critically evaluate current research literature on cellular and molecular neurobiology, to explain and critically discuss original work to a specialist audience in a lecture.</li> <li>Carry out, evaluate, and discuss, simple practical experiments on the cellular and molecular neurobiology as well as on the behavioral neurobiology of <i>C. elegans</i>.</li> </ul>					
<b>Participation requirements for the module or for individual courses of the module</b>					
Practical course: module assessment for the lecture.					
<b>Recommended requirements</b>					
None					
<b>Organizational details</b>					
The practical course is offered as a one-week block course during the lecture-free period.					
<b>Module allocation (degree programme/faculty)</b>			Master in Biochemistry / FB14		
<b>Module transferrable to other degree programmes</b>			Master in Biophysics / FB13		
<b>Module offered</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lecture: winter semester</li> <li>- Seminar: summer semester</li> <li>- Practical course: summer semester, if necessary also in the winter semester (during the lecture-free period)</li> </ul>		
<b>Duration</b>			2 semesters		
<b>Module coordinator</b>			Prof. Gottschalk		
<b>Course requirements for credits</b>					
<b>Participation record</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seminar: Regular and active participation</li> <li>- Practical course: Regular attendance</li> </ul>		
<b>Coursework</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seminar: Lecture presentation</li> <li>- Practical course: Fulfillment and protocols of the practical course experiments</li> </ul>		
<b>Forms of teaching / learning</b>			Lecture, seminar, practical course		
<b>Language teaching and instruction</b>			English		
<b>Module assessment</b>			<b>Form / duration / content, if applicable</b>		
<b>Final module assessment</b>			Written exam for the lecture (90 min.) or oral examination (45 min.)		
<b>Cumulative module assessment consisting of</b>					

Composition of the module grade for cumulative module assessment							
		Type of teaching session	Semester hours per week	Semester CP			
				1	2	3	4
	Cellular and molecular neurobiology	L	2	3			
	<i>CEM</i> : Current topics in cellular and molecular neurobiology	S	2		3		
	<i>CEM</i> : Basic cell- and neurobiological experiments	P	2		2		
	TOTAL		4-6	5-8			

[C1.3]	Cellular Biochemistry	Compulsory elective module in the core area CI	4 CP (total) = 120 h				2 SWS
			Contact hours 2 SWS / 30 h		Independent study 90 h		
<b>Content</b>							
<p>This Master course in Biochemistry covers various key topics, including chaperone-mediated protein folding, the relationship between protein misfolding and diseases, principles of proteasomal protein degradation, ubiquitination, the ubiquitin proteasome pathway, ER-associated protein degradation (ERAD), protein translocation and secretion, insertion mechanisms for type I, II, and III membrane proteins, alternative pathways for membrane protein insertion, the structure and mechanisms of ABC transporters, signal transduction mechanisms, G-coupled receptors, receptor tyrosine kinases, and plasma membrane organization.</p> <p>In this context, chaperone-mediated protein folding refers to the process by which specialized proteins called chaperones assist in the correct folding of other proteins, ensuring their proper structure and function. This is a critical aspect of cellular protein homeostasis and functionality.</p> <p>The students will independently study selected research papers addressing these topics and discuss these in the following lecture (self study).</p>							
<b>Learning outcomes / competency goals</b>							
The students have a well-founded knowledge of elementary biochemical processes in the cell. This enables them to understand and assess the latest developments in cellular biochemistry.							
<b>Participation requirements for the module or for individual courses of the module</b>							
None							
<b>Recommended requirements</b>							
None							
<b>Organizational details</b>							
<b>Module allocation (degree programme/faculty)</b>			Master Biochemistry / FB14				
<b>Module transferrable to other degree programmes</b>							
<b>Module offered</b>			Summer semester				
<b>Duration</b>			1 semester				
<b>Module coordinator</b>			Prof. Tampé				
<b>Course requirements for credits</b>							
<b>Participation record</b>			None				
<b>Coursework</b>			None				
<b>Forms of teaching / learning</b>			Lecture, self study				
<b>Language teaching and instruction</b>			English				
<b>Module assessment</b>			<b>Form / duration / content, if applicable</b>				
<b>Final module assessment</b>			Oral (30 min.) or written (180 min.) exam for the lecture				
<b>Cumulative module assessment consisting of</b>							
<b>Composition of the module grade for cumulative module assessment</b>							
		Type of teaching session	Semester hours per week	Semester CP			
				1	2	3	4
	Cellular biochemistry	L+self study	2		4		
	TOTAL		2		4		

[C1.4] <i>Infection and Pathobiology</i>	<b>Infection and pathobiology</b>	<b>Compulsory elective module in the core area C1</b>	<b>6 - 8 CP (total) = 180 - 240 h</b>				<b>4 - 6 SWS</b>
		<b>Contact study</b> 4 - 6 SWS / 60 - 90 h	<b>Self-study</b> 120 - 150 h				
<b>Content</b>							
<p><u>Seminar - Immunology</u>: Cells and organs of the immune system; innate immunity; complement cascade, Toll-like receptors; structure and applications of antibodies; structure and function of MHC molecules and T cell receptors; antigen processing; cross presentation; development of B and T cells; positive and negative selection of B and T cells; dendritic cells; natural killer cells; allergy, autoimmune diseases; course of an immune response.</p> <p><u>Lecture – Molecular Virology (CEM)</u>: Methods of virology, cell entry, intracellular transport, particle formation, capsid structures and symmetries, replication strategies, antiviral strategies, RNA processing, reverse transcription, transposable elements, virulence, epidemiology, evolution, molecular biology of HIV, acute and latent infections, transformation, oncogenesis, viruses and immunology, viral vectors. The focus is on teaching molecular mechanisms and principles.</p> <p><u>Lecture - Tumor Biology (CEM)</u>: Biochemistry of oncogenic signaling pathways, epigenetic changes and sequence and structural changes in the human genome and their tumorigenic potential, senescence in tumor cells, pathological changes in proliferation control, cell differentiation and cell communication, significance of the tumor microenvironment, immune recognition and immune escape mechanisms of tumor cells, tumor pharmacology, cell therapy of cancer diseases, antibody therapy of cancer, future perspectives in cancer therapy.</p> <p><i>The seminar must be combined with at least one of the lectures (CEM) or optionally both.</i></p>							
<b>Learning outcomes / competency goals</b>							
<p><u>Lecture - Molecular Virology</u>: After attending the module, the students have a broad basic knowledge of the molecular processes of viral replication, viral diseases and their therapy options. On this basis, they can competently discuss and evaluate current developments and debates on emerging viral infections and the use of vaccines.</p> <p><u>Lecture - Tumor Biology</u>: The students have developed a basic understanding of the development of tumor cells and their interaction with the immune system. On this basis, they can take a critical stand on the current development of prevention and early detection programs as well as critically assess current therapy concepts.</p> <p><u>Seminar - Immunology</u>: After completing the module, the students have a basic understanding of the different stages of an immune response. This knowledge enables the students to understand pathological connections in immunology and to search for possible solutions.</p>							
<b>Participation requirements for the module or for individual courses of the module</b>							
None							
<b>Recommended requirements</b>							
None							
<b>Organizational details</b>							
<p>The seminar takes place as a multi-day block event during the lecture-free period. A very good seminar presentation can improve the grade of the final exam by 0.3.</p>							
<b>Module allocation (degree programme/faculty)</b>			Master Biochemistry / FB14				
<b>Module transferrable to other degree programmes</b>							
<b>Module offered</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seminar: lecture-free period before the summer semester</li> <li>- Lectures: winter semester</li> </ul>				
<b>Duration</b>			2 semesters				
<b>Module coordinator</b>			Prof. Tampé				
<b>Course requirements for credits</b>							
<b>Participation record</b>			Seminar: regular and active participation				
<b>Coursework</b>			Presentation				
<b>Forms of teaching / learning</b>			Lecture, seminar				
<b>Language teaching and instruction</b>			English				
<b>Module assessment</b>			<b>Form / duration / content, if applicable</b>				
<b>Final module assessment</b>							
<b>Cumulative module assessment consisting of</b>			Lectures: written exam (90 min.) or oral exam (30 min.)				
<b>Composition of the module grade for cumulative module assessment</b>			CP-weighted average of the grades				
		Type of teaching session	Semester hours per week	Semester CP			
				1	2	3	4
Immunology		S	2		4		
<i>CEM</i> : Molecular virology		L	2	2			
<i>CEM</i> : Tumor biology		L	2	2			
TOTAL			4 - 6	6 - 8			

## Core area 2: Molecular Biochemistry

[C2.1]	Advanced methods in biochemistry	Compulsory elective module in the core area C2	3-7 CP (total) = 90 - 210 h				2-4 SWS
			Contact hours 2-4 SWS / 30-60 h	Independent study 60-150 h			
<b>Content</b>							
<p><u>Lecture</u>: General methods and overview; centrifugation techniques for quantitative protein determination; immunological techniques; chromatographic techniques; modification and cleavage of proteins; electrophoretic methods; capillary electrophoresis; amino acid analysis; protein sequencing; mass spectrometry; peptide solid phase synthesis; scanning probe microscopy; single molecule techniques; evolutionary biochemistry; expression systems</p> <p><u>Seminar (optional)</u>: Current publications, some of which use new methods, will be presented by the students in the seminar. The methods used are discussed and alternative approaches are discussed. The advantages and disadvantages of individual methods are also worked out.</p> <p><i>The lecture can optionally be combined with the seminar (CEM).</i></p>							
<b>Learning outcomes and skills</b>							
<p><u>Lecture</u>: The students gain an in-depth understanding of various biochemical techniques, so that they can assess the advantages and disadvantages of the individual methods and, based on this knowledge, independently identify the best method for a scientific problem.</p> <p><u>Seminar</u>: The students can evaluate the significance of individual experiments and the quality of publications based on the methods used.</p>							
<b>Admissions requirements/Conditions for participation in the module/courses</b>							
None							
<b>Recommended prior knowledge</b>							
None							
<b>Organizational details</b>							
A very good seminar presentation can improve the grade of the final exam by 0.3.							
<b>Module allocation (degree programme/faculty)</b>			Master Biochemistry / FB14				
<b>Module transferrable to other degree programmes</b>							
<b>Module offered</b>			winter semester				
<b>Duration</b>			1 semester				
<b>Module coordinator</b>			Prof. Tampé				
<b>Course requirements for credits</b>							
<b>Participation record</b>			Seminar: regular and active participation				
<b>Coursework</b>			Seminar: presentation (in English).				
<b>Forms of teaching / learning</b>			Lecture, seminar				
<b>Language teaching and instruction</b>			English				
<b>Module assessment</b>			<b>Form / duration / content, if applicable</b>				
<b>Final module assessment</b>			Oral exam for the lecture (30 min.)				
<b>Cumulative module assessment consisting of</b>							
<b>Composition of the module grade for cumulative module assessment</b>							
		Mode of teaching / study	Semester hours per week	Semester CP			
				1	2	3	4
	Advanced methods in biochemistry	L	2	3			
	CEM: Methods seminar	S	2	4			
	TOTAL		2-4	3-7			

[C2.2]	Membrane biology	Compulsory elective module in the core area C2	4-5 CP (total) = 120-150 h				2-3 SWS
			Contact hours 2-3 SWS / 30-45 h	Independent study 90-115 h			
<b>Content</b>							
<p>In this module we discuss biological membranes from the perspective of their main constituents: lipids and proteins. Each lecture combines both theory as well as related practical aspects for studying membrane lipids and proteins. Recent literature is discussed. The seminar will highlight most-recent developments in membrane biology.</p> <p><u>Lecture</u>: Topics included are the diversity and design of lipids and membrane proteins, cellular organization of lipids, biogenesis of membrane proteins, membrane protein – lipid interactions, the pathophysiology of membrane proteins, and contemporary methodology for studying structure, function, and dynamics of membrane proteins. The students will independently study selected research papers addressing one of these topics and discuss these in the following lecture (self study).</p> <p><u>Seminar (optional)</u>: The students participate in research lectures and seminars on membrane biology to learn about recent achievements and methodological developments.</p> <p><i>The lecture can optionally be combined with the seminar (CEM).</i></p>							
<b>Learning outcomes and skills</b>							
The aim of this module is to establish a broad knowledge base on lipids and membrane proteins and dedicated practical approaches for studying these. Students will learn to evaluate the advantages and limitations of different methodological approaches such that they can critically assess published experimental data and design their own experimental setup.							
<b>Admissions requirements/Conditions for participation in the module/courses</b>							
<b>Recommended prior knowledge</b>							
<b>Organizational details</b>							
Seminar: regular and active participation documented by the signature of the host or presenter.							
<b>Module allocation (degree programme/faculty)</b>			Master Biochemistry / FB14				
<b>Module transferrable to other degree programmes</b>							
<b>Module offered</b>			winter semester				
<b>Duration</b>			1 semester				
<b>Module coordinator</b>			Prof. Hänelt				
<b>Course requirements for credits</b>							
<b>Participation record</b>			Seminar: regular and active participation				
<b>Coursework</b>			None				
<b>Forms of teaching / learning</b>			Lecture, self study, seminar				
<b>Language teaching and instruction</b>			English				
<b>Module assessment</b>			<b>Form / duration / content, if applicable</b>				
<b>Final module assessment</b>			Oral exam for the lecture (30 min.)				
<b>Cumulative module assessment consisting of</b>							
<b>Composition of the module grade for cumulative module assessment</b>							
		Mode of teaching / study	Semester hours per week	Semester CP			
				1	2	3	4
	Membrane biology	L+self study	2	4			
	CEM: Current research in membrane biology	S	1	1			
	TOTAL		2-3	4-5			

[C2.3]	<b>Advanced Molecular Biology &amp; Microbiology</b>	<b>Compulsory elective module in the core area C2</b>	<b>3-5 CP (total) = 90-150 h</b>				<b>2-3 SWS</b>
			<b>Contact hours</b> 2-3 SWS / 30-45 h	<b>Independent study</b> 60-105 h			
<b>Content</b>							
	<p><u>Lecture</u>: Current topics in molecular microbiology will be taught. A particular focus will be on e.g., bacterial architecture, intrinsic and acquired resistance mechanisms, antibiotic resistance, cell-cell communication.</p> <p><u>Seminar (optional)</u>: Related to the topics taught in the lecture, we will discuss recent literature focusing on antibiotic resistance, signaling and cell-cell communication. The papers will be presented by groups of students and discussed in the plenum.</p> <p><i>The lecture can optionally be combined with seminar (CEM).</i></p>						
<b>Learning outcomes and skills</b>							
	<p><u>Lecture</u>: The students learn about state-of-the-art microbiology. Emphasis is placed on novel approaches and technologies (from systems-based to individual molecules) that drive each field or have the potential to revolutionize future research in microbiology. In preparation of the lectures, students individually study book chapters and topical scientific papers summarizing the current knowledge of the respective topics.</p> <p><u>Seminar</u>: The students learn to present and critically evaluate recent literature and to put it into a bigger physiological context.</p>						
<b>Admissions requirements/Conditions for participation in the module/courses</b>							
	None						
<b>Recommended prior knowledge</b>							
	None						
<b>Organizational details</b>							
<b>Module allocation (degree programme/faculty)</b>		Master Biochemistry / FB14					
<b>Module transferrable to other degree programmes</b>							
<b>Module offered</b>		summer semester					
<b>Duration</b>		1 semester					
<b>Module coordinator</b>		Prof. Hänelt					
<b>Course requirements for credits</b>							
<b>Participation record</b>		Seminar: Regular and active participation					
<b>Coursework</b>		Seminar: Group presentation of one paper (60 Min.)					
<b>Forms of teaching / learning</b>		Lecture, seminar					
<b>Language teaching and instruction</b>		English					
<b>Module assessment</b>		<b>Form / duration / content, if applicable</b>					
<b>Final module assessment</b>		Written exam for the lecture (120 min.)					
<b>Cumulative module assessment consisting of</b>							
<b>Composition of the module grade for cumulative module assessment</b>							
		Mode of teaching / study	Semester hours per week	Semester CP			
				1	2	3	4
	Advanced molecular biology & microbiology	L	2		3		
	CEM: Seminar Molecular microbiology	S	1		2		
	TOTAL		3		5		

[C2.4]	Biological Synthesis	Elective module in the core area C2	7 CP (total) = 210 h				4 SWS	
			Contact hours 4 SWS / 60 h		Independent study 150 h			
<b>Content</b>								
<p><u>Seminar</u>: Introduction to the concepts and principles that determine biological synthesis, demonstrated using selected examples: Biosynthetic concepts for the production of proteins, amino acids, nucleic acids, fatty acids, polyketides, non-ribosomal peptides, alkaloids and terpenes; conversion of light into chemical energy; fixation of CO<sub>2</sub>; Key metabolic pathways in living organisms (ie citric acid cycle as the central metabolic pathway); Engineering of biosynthetic pathways for the directed production of bioactive compounds (ie polyketides and non-ribosomal peptides). An overview of synthetic principles and a detailed mechanistic insight into specific enzymes are given. The focus will be on chemical-biological aspects. Concepts of selected structural biological methods (EM, ET and X-ray crystallography) as well as enzymatic assays are presented. Emerging technologies relevant to the field of biomolecule engineering and pathway design are introduced, such as amber codon suppression for the incorporation of non-canonical amino acids into proteins.</p> <p><u>Lecture</u>: Introduction to the application of biomacromolecules as bioactive substances to control metabolic processes, in particular the application of biomolecules and their pharmaceutical development aspects in the treatment of diseases and disorders. The focus is on diabetes mellitus and its treatment with insulin and antidiabetic peptides, viral infections (mainly HIV), immune disorders and other rare muscle diseases, and treatment with small molecule enzyme inhibitors, antibodies and oligonucleotides (RNA). 3D structural biological methods and pharmaceutical development aspects are presented and selected case studies are discussed.</p>								
<b>Learning outcomes and skills</b>								
<p>The course introduces biological synthesis as an alternative and complementary method to chemical synthesis and introduces key molecules that regulate biological synthesis and processes (factors, effectors, biologics, ...). The aim is to provide students with an inspiring background that enables them to 1) understand synthetic and regulatory processes in the cell, 2) rationally design and evolve biological systems to acquire new functions (e.g. synthesis of a non natural polymer that can be used in materials science), 3) to construct new macromolecular complexes or nanomachines that can be artificially regulated (eg synthesis of macromolecular machines that can be switched on and off), and 4) to pursue and design new approaches in synthetic biology that can lead to the creation of new artificial cells (e.g. design of a minimal artificial cell that can regenerate itself).</p>								
<b>Admissions requirements/Conditions for participation in the module/courses</b>								
<b>Recommended prior knowledge</b>								
<b>Organizational details</b>								
<p>Import module, the registration and cancellation periods of the regulations for the Master's degree in chemistry apply. (The oral exam requires <b>registration</b> no later than <b>seven days</b> before the examination date. You can withdraw up to two working days before the examination date without giving reasons.)</p>								
<b>Module allocation (degree programme/faculty)</b>			Master Chemistry / FB14					
<b>Module transferrable to other degree programmes</b>			Master Biochemistry / FB14, Master Molecular Biotechnology / FB15					
<b>Module offered</b>			winter semester					
<b>Duration</b>			1 semester					
<b>Module coordinator</b>			Prof. Grininger					
<b>Course requirements for credits</b>								
<b>Participation record</b>			Seminar: regular and active participation					
<b>Coursework</b>								
<b>Forms of teaching / learning</b>			seminar, lecture					
<b>Language teaching and instruction</b>			English (exam language either German or English)					
<b>Module assessment</b>			<b>Form / duration / content, if applicable</b>					
<b>Final module assessment</b>			Oral Exam (20 min.)					
<b>Cumulative module assessment consisting of</b>								
<b>Composition of the module grade for cumulative module assessment</b>								
			Mode of teaching / study	Semester hours per week	Semester CP			
					1	2	3	4
			Biological synthesis	S	2	4		
			Structural biological aspects and pharmaceutical development of biomacromolecules	L	2	3		
			TOTAL		4	7		

## Core area 3: Biochemical Methods

[C3.1]	Methods for structural biology and biophysics	Elective module in the core area C3	3-7 CP (total) = 90 - 210 h				2-4 SWS
			Contact hours 2-4 SWS / 30-60 h	Independent study 60 - 150 h			
<b>Content</b>							
<p>To understand the function of biological molecules, knowledge of their 3D structure is essential. In this module, the most important methods are introduced and the necessary physical principles are taught.</p> <p><u>Lecture:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• General principles of spectroscopy</li> <li>• Fluorescence spectroscopy and microscopy (single molecule fluorescence, anisotropy, FCS, FRET, super resolution microscopy)</li> <li>• EPR spectroscopy</li> <li>• NMR spectroscopy in solution and solids</li> <li>• X-ray structural analysis</li> <li>• Cryo-electron microscopy</li> <li>• Methods of data acquisition and data analysis as well as structural calculation.</li> </ul> <p><u>Seminar (optional):</u> In the seminar, the subject matter of the lecture is deepened through the discussion of concrete application examples. Presentations to be given by the students, which either deepen topics from the lecture or present current application examples from the literature, play a central role here.</p> <p><i>The lecture can optionally be combined with the seminar (CEM).</i></p>							
<b>Learning outcomes and skills</b>							
<p>After completing the module, students can:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• critically assess the methods and technical details taught</li> <li>• choose the right methods for specific questions</li> <li>• calculate with produced data and discuss the results</li> <li>• present current topics and application examples from the literature to a specialist audience</li> </ul>							
<b>Admissions requirements/Conditions for participation in the module/courses</b>							
None							
<b>Recommended prior knowledge</b>							
None							
<b>Organizational details</b>							
<b>Module allocation (degree programme/faculty)</b>			Master Biochemistry / FB14				
<b>Module transferrable to other degree programmes</b>							
<b>Module offered</b>			winter semester				
<b>Duration</b>			1 semester				
<b>Module coordinator</b>			Prof. Clemens Glaubit				
<b>Course requirements for credits</b>							
<b>Participation record</b>			Seminar: regular and active participation, processing of exercises				
<b>Coursework</b>			Seminar: presentation				
<b>Forms of teaching / learning</b>			Lecture, seminar				
<b>Language teaching and instruction</b>			English				
<b>Module assessment</b>			<b>Form / duration / content, if applicable</b>				
<b>Final module assessment</b>			Oral exam for the lecture (45 min.)				
<b>Cumulative module assessment consisting of</b>							
<b>Composition of the module grade for cumulative module assessment</b>							
		Mode of teaching / study	Semester hours per week	Semester CP			
				1	2	3	4
	Methods for determining the structure of biomolecules	L	2	3			
	<i>CEM:</i> Methods for determining the structure of biomolecules	S	2	4			
	TOTAL		2-4	3-7			

[C3.2]	Advanced methods in membrane biochemistry	Compulsory elective module in the core area C3	5 CP (total) = 150 h				4 SWS
			Contact hours 4 SWS / 60 h		Independent study 90 h		
<b>Content</b>							
<p>The practical course consists of 2 different experimental parts, which are carried out all day in groups of usually two students.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>Electrophysiology:</b> The students investigate and analyze the electrical properties of cells and of proteins expressed in the membrane (light-inducible cation channel channelrhodopsin-2). Two-Electrode Voltage Clamp (TEVC) experiments are performed on <i>Xenopus laevis</i> oocytes and you will get to know the Patch-Clamp technique via a simulation software.</li> <li><b>Reconstitution of a membrane protein:</b> Using a typical membrane protein, all protein biochemical work steps that are necessary to prepare samples for further functional or structural biological studies are to be carried out. This involves cell disruption, membrane isolation, solubilization, purification, and incorporation of the membrane protein into liposomes. The obtained results are summarized and discussed in form of a scientific publication.</li> </ol>							
<b>Learning outcomes and skills</b>							
<p>After completing the module, students can:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>plan and perform basic biochemical experiments with membrane proteins</li> <li>discuss and interpret biochemical data</li> <li>write a manuscript</li> <li>conduct and interpret basic electrophysiological experiments</li> <li>accurately record and evaluate relevant data</li> <li>correctly present and interpret the results obtained</li> </ul>							
<b>Admissions requirements/Conditions for participation in the module/courses</b>							
Practical course 2. <i>Reconstitution of a membrane protein</i> : Module <i>Advanced methods in biochemistry – C2.1</i>							
<b>Recommended prior knowledge</b>							
<b>Organizational details</b>							
<p>The part 'Reconstitution of a membrane protein' takes place in the summer semester.  The part 'Electrophysiology' takes place during the lecture-free period after the winter semester as a block practical course.  <i>Maximum number of participants: 40</i></p>							
<b>Module allocation (degree programme/faculty)</b>		Master Biochemistry / FB14					
<b>Module transferrable to other degree programmes</b>							
<b>Module offered</b>		Winter semester (1.) /summer semester (2.)					
<b>Duration</b>		1 semester					
<b>Module coordinator</b>		Dr Liewald					
<b>Course requirements for credits</b>							
<b>Participation record</b>		regular attendance					
<b>Coursework</b>		Fulfillment and protocols of the practical course experiments					
<b>Forms of teaching / learning</b>							
<b>Language teaching and instruction</b>		English					
<b>Module assessment</b>		<b>Form / duration / content, if applicable</b>					
<b>Final module assessment</b>		Protocols (ungraded, see §35)					
<b>Cumulative module assessment consisting of</b>							
<b>Composition of the module grade for cumulative module assessment</b>							
		Mode of teaching / study	Semester hours per week	Semester CP			
				1	2	3	4
	Advanced methods in membrane biochemistry	P					
	1. Electrophysiology		2	2			
	2. Reconstitution of a membrane protein		2		3		
	TOTAL		4	5			

[C3.3]	Advanced methods in biochemistry and biophysics	Compulsory elective module in the core area C3	3-9 CP (total) = 90-270 h Contact hours 1,5-5,5 SWS / 22,5-82,5 h Independent study 67,5h - 187,5 h		1,5 - 5,5 SWS
<b>Content</b>					
<p>The practical course consists of 5 different experimental parts, which are carried out all day in groups of usually two students.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>Determining the structure of a protein using solution NMR:</b> The students receive an introduction to multidimensional spectroscopy on an NMR device. They then evaluate the 3D and 2D spectra on the computer and calculate the structure of the protein.</li> <li><b>Mass spectrometry:</b> Under supervision, the students record MALDI and ESI mass spectra of peptides and proteins. Using the spectra, the students learn how to interpret the data obtained, including determining the sequence of peptides from MS/MS data. With prepared PMF spectra of enzymatic protein restrictions (PMF = Peptide Mass Fingerprint), the identification of proteins using databases is learned.</li> <li><b>Solid-state NMR:</b> The basics of MAS-NMR are taught (experimental setup; sample preparation; spectra recording). The basics of lineshape analysis and the influence of molecular motions will be introduced for the example of lipid bilayer samples. In addition, precise spin-spin distances are determined using dipolar recoupling techniques. The experimental data are evaluated by the students using computer simulations with the SIMPSON software.</li> <li>Structure determination using <b>X-ray structure analysis:</b> The students set up crystallization experiments and then mount the resulting crystals on an X-ray system. The scattered radiation of the crystals after X-ray bombardment is quantitatively recorded. The structure of the protein is determined from diffraction data by means of "molecular replacement".</li> <li>In the block course "<b>Introduction to biological electron microscopy with image processing</b>", after a 2-hour introductory lecture, practical aspects of biological electron microscopy and image processing are worked on directly on the research equipment in small groups (3-4 students). Students will use negative staining and cryo-fixation methods, and gain hands-on experience with TEMs.</li> </ol> <p>At least 2 of the experimental parts must be taken.</p>					
<b>Learning outcomes and skills</b>					
<p>After completing the module, students can:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• apply these modern biophysical methods in the laboratory</li> <li>• select the right techniques for specific biophysical questions</li> <li>• accurately record and evaluate relevant data</li> <li>• can link hypotheses about computer simulations with experimental data</li> <li>• correctly present and interpret the results obtained</li> </ul>					
<b>Admissions requirements/Conditions for participation in the module/courses</b>					
Module <i>Methods for structural biology and biophysics - C3.1</i>					
<b>Recommended prior knowledge</b>					
<b>Organizational details</b>					
<b>Module allocation (degree programme/faculty)</b>			Master Biochemistry / FB14		
<b>Module transferrable to other degree programmes</b>					
<b>Module offered</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Practical course 1: winter semester</li> <li>- Practical course 2: summer semester</li> <li>- Practical course 3: summer semester</li> <li>- Practical course 4: summer semester</li> <li>- Practical course 5: winter semester</li> </ul>		
<b>Duration</b>			2 semesters		
<b>Module coordinator</b>			Prof. Glaubitz		
<b>Course requirements for credits</b>					
<b>Participation record</b>			regular attendance		
<b>Coursework</b>			Fulfillment and protocols of the practical course experiments		
<b>Forms of teaching / learning</b>					
<b>Language teaching and instruction</b>			English		
<b>Module assessment</b>					
			<b>Form / duration / content, if applicable</b>		
<b>Final module assessment</b>			Protocols (ungraded, see §35)		
<b>Cumulative module assessment consisting of</b>					
<b>Composition of the module grade for cumulative module assessment</b>					

	Mode of teaching / study	Semester hours per week	Semester CP			
			1	2	3	4
Advanced methods in biochemistry and biophysics <i>(At least 2 of the experimental parts must be taken.)</i>	P					
1. solution NMR		1	2			
2. Mass spectrometry		0,5		1		
3. Solid-state NMR		1		2		
4. X-ray structure		1		2		
5. Introduction to biological electron microscopy with image processing		2	2			
TOTAL		1,5-5,5	3-9			

[C3.4]	Structural Bioinformatics	Compulsory elective module in the core area C3	3 CP (total) = 90 h				2 SWS
			Contact hours 2 SWS / 30 h		Independent study 60 h		
<b>Content</b>							
<p>The module gives an introduction to Python programming and two central methods of structural bioinformatics, molecular dynamics simulation and the prediction and modeling of protein structures. The exercises impart practical experience on the computer with programming in Python for applications in biochemistry.</p> <p><u>Lecture &amp; Tutorial:</u></p> <p><u>Programming for biochemists:</u> The first part of the course teaches the basics of a programming language, Python. The participants write various small and useful programs and develop a general understanding of programming methods.</p> <p><u>Structural bioinformatics:</u> The second part of the course introduces the participants to get to the techniques of molecular dynamics simulation, structure modeling and structure prediction.</p>							
<b>Learning outcomes and skills</b>							
The aim of the course is to understand and assess the possibilities and limits of these computational methods and to be able to use the Python programming language for tasks in biochemistry.							
<b>Admissions requirements/Conditions for participation in the module/courses</b>							
None							
<b>Recommended prior knowledge</b>							
None							
<b>Organizational details</b>							
The course takes place as a block course during the semester.							
<b>Module allocation (degree programme/faculty)</b>			Master Biochemistry / FB14				
<b>Module transferrable to other degree programmes</b>							
<b>Module offered</b>			summer semester				
<b>Duration</b>			1 semester				
<b>Module coordinator</b>			Prof. Güntert				
<b>Course requirements for credits</b>							
<b>Participation record</b>			Tutorial: Regular and active participation, processing of exercises				
<b>Coursework</b>			None				
<b>Forms of teaching / learning</b>			lecture, tutorial				
<b>Language teaching and instruction</b>			English				
<b>Module assessment</b>			<b>Form / duration / content, if applicable</b>				
<b>Final module assessment</b>			Written exam (90 min.)				
<b>Cumulative module assessment consisting of</b>							
<b>Composition of the module grade for cumulative module assessment</b>							
		Mode of teaching / study	Semester hours per week	Semester CP			
				1	2	3	4
	Programming for biochemists & Structural bioinformatics	L+T	2		3		
	TOTAL		2		3		

## Compulsory Elective Modules

In addition to the compulsory elective modules listed in the elective areas, modules or partial modules from other teaching units and departments of the Johann Wolfgang Goethe University can also be admitted and completed. For admission, a module description must be submitted to the Examinations Office in good time before the start of the course. In accordance with the relevant regulations of the department offering the module, as amended from time to time, it contains the attendance/performance records to be provided as well as the credit points awarded for the modules. For the recognition of sub-modules, it is recommended to clarify with the lecturers at the beginning of the course under which circumstances proof of performance can be provided.

### Elective modules (max. 15 CP)

[E1.1]	Advanced Biophysical Methods	Compulsory elective module	5 CP (total) = 150 h		4 SWS
			Contact hours 4 SWS / 60 h	Independent study 90 h	
<b>Content</b>					
<p><u>Seminar:</u> In the seminar, advanced biophysical methods and concepts needed to explain the interaction of structure, function and dynamics of biological macromolecules (e.g. quantum chemical fundamentals of spectroscopy, advanced EPR spectroscopy (pulsed method), advanced L-NMR spectroscopy (dynamics, structure calculation), advanced solid state NMR spectroscopy (techniques for structure determination), scattering and diffraction methods: SAND, SAXS) are thematised through the discussion of concrete application examples. Presentations to be given by the students, which either deepen topics from the lecture or present current application examples from the literature, play a central role here.</p> <p><u>Practical course:</u> Solid state NMR is an important method for studying insoluble proteins (fibrils, membrane proteins). In this experiment, the students learn the most important features of MASNMR and learn to understand anisotropic interactions. You will measure precise core-core distances via dipole-dipole coupling and compare these data with those from crystallography and solution NMR. The data is evaluated using simulations, so that general knowledge about the interplay between theoretical predictions and experimental verification is also imparted.</p>					
<b>Learning outcomes and skills</b>					
<p>After successful completion, students:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• are able to analyze and interpret results and to verify measurement data on the basis of the learned methods of data acquisition.</li> <li>• are able to apply the methods to concrete tasks and to calculate with measurement data.</li> <li>• have developed a feeling for actual measurements.</li> <li>• are able to critically assess the applicability of the above methods for specific questions</li> <li>• are able to work out special topics and application examples with the background knowledge acquired and to present them to a specialist audience</li> <li>• are able to critically evaluate and discuss original literature on this topic (in English)</li> </ul>					
<b>Admissions requirements/Conditions for participation in the module/courses</b>					
<b>Recommended prior knowledge</b>					
Module <i>Methods for Structural Biology and Biophysics – C3.1</i>					
<b>Organizational details</b>					
<b>Module allocation (degree programme/faculty)</b>			Master Biochemistry / FB14		
<b>Module transferrable to other degree programmes</b>					
<b>Module offered</b>			summer semester		
<b>Duration</b>			1 semester		
<b>Module coordinator</b>			Prof. Dötsch		
<b>Course requirements for credits</b>					
<b>Participation record</b>					
<b>Coursework</b>			Practical course: Conducting experiments and writing a protocol Expert discussion (30 min.)		
<b>Forms of teaching / learning</b>			Seminar, practical course		
<b>Language teaching and instruction</b>			English		
<b>Module assessment</b>			<b>Form / duration / content, if applicable</b>		
<b>Final module assessment</b>			None		
<b>Cumulative module assessment consisting of</b>					
<b>Composition of the module grade for cumulative module assessment</b>					
			Semester CP		

	Mode of teaching / study	Semester hours per week	1	2	3	4
Advanced biophysical methods	S	2		3		
Advanced biophysical methods	P	2		2		
TOTAL		4		5		

[E1.2]	Solid State NMR Spectroscopy	Compulsory elec- tive module	7 - 10 CP = 210 - 300 h				4 - 7 SWS
			Contact hours 4-7 SWS / 60-105 h		Independent study 150-195 h		
<b>content</b>							
<p><u>Lecture</u>: Anisotropic spin interactions, magic angle sample spinning, magnetization transfer experiments, decoupling and feedback techniques, correlation and separation spectra, characterization of structure and dynamics of anisotropic molecular systems, introduction to the most important theoretical concepts, quadrupole NMR, dynamic nuclear polarization, biomolecular applications. Each lecture is accompanied by simulations on a virtual NMR spectrometer (SIMPSON), which is also available to the students and with which they should solve exercises for each lecture.</p> <p><u>Practical course</u>: (optional) In the practical course, the basics of MAS-NMR are taught (control of sample rotation, cross-polarization, determination of anisotropic parameters from rotation sidebands). The basics of resonance assignment and the determination of distance restrictions are taught. In addition, precise core-to-core distances are determined using dipolar feedback techniques. The experimental data are evaluated by the students using computer simulations with the SIMPSON software.</p> <p><u>Seminar</u>: (optional) Presentation on a current research publication in the field of magnetic resonance spectroscopy, selection of a suitable publication, literature research, development of the topic in interaction with one of the lecturers on magnetic resonance, lecture in the seminar, discussion of the presented method and the knowledge gained from this also in the context of the other seminar lectures/methods.</p> <p><i>The courses Lecture Solid State NMR Spectroscopy (compulsory) as well as another course Practical Course / Seminar (CEM) must be attended.</i></p> <p><i>The seminar is part of the modules liquid NMR spectroscopy, EPR spectroscopy and solid state NMR spectroscopy. It can only be scored once.</i></p>							
<b>Learning outcomes and skills</b>							
<p><u>Lecture</u>: The students understand the concept of anisotropic NMR interactions and their relevance in isotropic and anisotropic molecular systems, they get to know the most important experiments and theoretical concepts and understand possible applications for biomolecular, but also pharmaceutical and materials science issues.</p> <p><u>Practical course</u>: The students understand the most important practical aspects of solid-state NMR, are able to set up NMR experiments, evaluate data and link hypotheses about computer simulations with experimental data.</p> <p><u>Seminar</u>: In the seminar, the students are familiarized with new MR experiments.</p>							
<b>Admissions requirements/Conditions for participation in the module/courses</b>							
Practical course & seminar: Expert discussion for the lecture <i>Introduction to solid-state NMR spectroscopy</i>							
<b>Recommended prior knowledge</b>							
<b>Organizational details</b>							
Import module, the registration and cancellation periods of the regulations for the study course in chemistry apply. (An exam date for the expert discussion must be agreed with the examiner.)							
<b>Module allocation (degree programme/faculty)</b>		Master Chemistry / FB14					
<b>Module transferrable to other degree programmes</b>		Master Biophysics / FB13, Master Biochemistry / FB14					
<b>Module offered</b>		Lecture & practical course: summer semester Seminar: every semester					
<b>Duration</b>		2 semesters					
<b>Module coordinator</b>		Prof. Glaubitz					
<b>Course requirements for credits</b>							
<b>Participation record</b>		- Seminar and practical course: regular and active participation					
<b>Coursework</b>		- Lecture: expert discussion (30 min.) - Practical course: processing and protocols of the experiments (for details see practical course regulations) - Seminar: paper with presentation (handout)					
<b>Forms of teaching / learning</b>		Lecture, practical course, seminar					
<b>Language teaching and instruction</b>		English					
<b>Module assessment</b>		<b>Form / duration / content, if applicable</b>					
<b>Final module assessment</b>		None					
<b>Cumulative module assessment consisting of</b>							
<b>Composition of the module grade for cumulative module assessment</b>							
		Mode of teaching / study	Semester hours per week	Semester CP			
				1	2	3	4

Introduction to solid-state NMR spectroscopy	L	2		4		
<i>CEM</i> : solid-state NMR spectroscopy	P	3		3		
<i>CEM</i> : Modern applications of magnetic resonance spectroscopy	S	2	3			
TOTAL		4-7	7-10			

[E1.3]	Liquid-state NMR spectroscopy	Compulsory elective module	6 - 9 CP (total) = 180 - 360 h		4 - 7 SWS
			Contact hours 4-7 SWS / 60-105 h	Independent study 120- 65 h	
<b>Content</b>					
<p><u>Lecture</u>: Mathematical fundamentals of NMR spectroscopy; isotropic and anisotropic interactions in magnetic resonance (MR) and their quantum mechanical description</p> <p><u>Lecture - Advanced</u>: (optional) Introduction into the MR relaxation theory and its quantum mechanical description</p> <p><u>Practical course</u>: (optional) Assignment of nD-NMR spectra of natural products, synthetic molecules (with examples from synthetic working groups) and biomacromolecules (proteins, peptides, RNA, DNA, oligosaccharides), structure calculation</p> <p><u>Seminar</u>: (optional) Presentation on a current research publication in the field of magnetic resonance spectroscopy, selection of a suitable publication, literature research, development of the topic in interaction with one of the lecturers on magnetic resonance, lecture in the seminar, discussion of the presented method and the knowledge gained from this also in the context of the other seminar lectures/methods.</p> <p><i>The courses lecture Mathematical Basics of NMR spectroscopy (compulsory) as well as another lecture Advanced / Practical course / Seminar (CEM) must be attended. Maximum two elective subjects.</i></p> <p><i>The seminar is part of the modules Liquid-state NMR spectroscopy, EPR spectroscopy and solid-state NMR. It can only be scored once.</i></p>					
<b>Learning outcomes and skills</b>					
<p><u>Lectures</u>: The students are introduced to the quantum mechanical and mathematical basics of magnetic resonance spectroscopy. Afterwards you can analytically describe and understand simple pulse sequences. You will learn how to extract structural parameters from magnetic resonance spectra.</p> <p><u>Practical course</u>: The students learn the interpretation of "state of the art" NMR experiments and the determination of conformation and dynamics using examples. You will also learn how to use important programs for interpreting NMR spectra.</p> <p><u>Seminar</u>: The students are familiarized with new MR experiments.</p>					
<b>Admissions requirements/Conditions for participation in the module/courses</b>					
<p>Lecture &amp; Practical course: Module <i>Structure and function of biomacromolecules</i>.</p> <p>Lecture - Advanced &amp; Seminar: Expert discussion on the lecture <i>Mathematical basics of NMR spectroscopy</i>.</p>					
<b>Recommended prior knowledge</b>					
None					
<b>Organizational details</b>					
<p>Import module, the registration and cancellation periods of the regulations for the Master's degree in chemistry apply. (For the expert discussion, an examination date must be agreed with the examiner.)</p> <p>The lectures take place as block events during the lecture-free period.</p> <p>The practical course takes place as a block event during the lecture-free period. Registration is required. The practical course regulations are announced at the beginning of the respective practical course.</p>					
<b>Module allocation (degree programme/faculty)</b>			Master Chemistry / FB14		
<b>Module transferrable to other degree programmes</b>			Master Bioinformatics / FB12, Bachelor Biophysics / FB13, Master Biophysics / FB13, Master Physics / FB13, Master Biochemistry / FB14		
<b>Module offered</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lectures &amp; practical course: once a year (after announcement)</li> <li>- Seminar: every semester</li> </ul>		
<b>Duration</b>			2 semesters		
<b>Module coordinator</b>			Prof. Schwalbe		
<b>Course requirements for credits</b>					
<b>Participation record</b>			- Seminar & practical course: regular and active participation		
<b>Coursework</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lecture: expert discussion (30 min.)</li> <li>- Lecture - Advanced: expert discussion (20 min.)</li> <li>- Practical course: processing and protocols of the experiments in the practical course, expert discussion on the protocol (30 min.)</li> <li>- Seminar: paper with presentation (20 min., handout)</li> </ul>		
<b>Forms of teaching / learning</b>			Lecture, practical course, seminar		
<b>Language teaching and instruction</b>			German - on request English		
<b>Module assessment</b>					
			<b>Form / duration / content, if applicable</b>		
<b>Final module assessment</b>			None		
<b>Cumulative module assessment consisting of</b>					

Composition of the module grade for cumulative module assessment							
		Mode of teaching / study	Semester hours per week	Semester CP			
				1	2	3	4
	Compulsory: Mathematical basics of NMR spectroscopy	L	2	3			
	<i>CEM</i> : Deepening of the mathematical foundations of NMR spectroscopy	L	2	3			
	<i>CEM</i> : NMR intensive course	P	3	3			
	<i>CEM</i> : Modern applications of MR spectroscopy	S	2	3			
	TOTAL		4-7	6-9			

[E1.4]	EPR Spectroscopy	Compulsory elec- tive module	7 - 10 CP (total) = 210 - 300 h	4 - 7 SWS
			Contact hours 4-7 SWS / 60-105 h	Independent study 150 - 195 h
<b>Content</b>				
	<p><b>Lecture:</b> Quantum mechanical fundamentals of EPR spectroscopy, spin-Hamilton operators, magnetic dipole interactions, hyperfine interactions, QM fundamentals of G and zero-field tensors, basic experiments in EPR spectroscopy (cw-EPR, pulse EPR, relaxation times, hyperfine spectroscopy, dipolar spectroscopy), examples of applications of EPR spectroscopy from materials science, analytics, structural investigations of macromolecular systems, and EPR spectroscopy in electron transfer reactions in catalysis and photovoltaics.</p> <p><b>Practical course:</b> (optional) Cw-EPR experiments for the characterization of organic radical compounds, oxidation/reduction behavior and kinetics, cw-EPR experiments for the quantitative determination of radical concentrations in solutions, introduction to basic pulse EPR experiments (Hahn-Echo, Inversion Recovery Experiment) to determine relaxation times. Introduction to simulation software for determining hyperfine couplings in liquid solution and G-tensors in solid samples. Comparison with DFT calculations.</p> <p><b>Seminar:</b> (optional) Presentation on a current research publication in the field of magnetic resonance spectroscopy, selection of a suitable publication, literature research, development of the topic in interaction with one of the lecturers on magnetic resonance, lecture in the seminar, discussion of the presented method and the knowledge gained from this also in the context of the other seminar lectures/methods.</p> <p><i>The courses Lecture Theory of electron paramagnetic resonance spectroscopy (compulsory) as well as another course Practical course / Seminar (CEM) must be attended.</i></p> <p><i>The seminar is part of the modules Liquid NMR spectroscopy, EPR spectroscopy and solid state NMR spectroscopy. It can only be scored once.</i></p>			
<b>Learning outcomes and skills</b>				
	Quantum mechanical understanding of spin systems (energy eigenvalues in the magnetic field and temporal development under/after coherent excitation pulses, magnetic interaction between unpaired electron spins and with nuclear spins, spin-orbit coupling of the magnetic moment of the unpaired electron), knowledge of the fundamental experiments on determination of these interactions in liquid solutions and solid samples. Qualitative understanding of spin relaxation times and methods of determination. Insights into areas of application of EPR spectroscopy from chemical and materials science analysis to applications in catalysis, structural biology and photovoltaics.			
<b>Admissions requirements/Conditions for participation in the module/courses</b>				
	Practical course and seminar: Expert discussion on the lecture <i>Theory of EPR spectroscopy</i>			
<b>Recommended prior knowledge</b>				
	None			
<b>Organizational details</b>				
	Import module, the registration and cancellation periods of the regulations for the Master's degree in chemistry apply. (An examination date for the expert discussion must be agreed with the examiner.)			
<b>Module allocation (degree programme/faculty)</b>	Master Chemistry / FB14			
<b>Module transferrable to other degree programmes</b>	Master Bioinformatics / FB12, Bachelor Biophysics / FB13, Master Biophysics / FB13, Master Physics / FB13, Master Biochemistry / FB14			
<b>Module offered</b>	- Lecture: winter semester - Practical course: summer semester - Seminar: every semester			
<b>Duration</b>	2 semesters			
<b>Module coordinator</b>	Prof. Prisner			
<b>Course requirements for credits</b>				
<b>Participation record</b>	- Seminar & practical course: regular and active participation			
<b>Coursework</b>	- Lecture: Expert discussion (30 min.) - Practical course: Processing and protocols of the practical course experiments - Seminar: Paper presentation (20 min., handout)			
<b>Forms of teaching / learning</b>	Lecture, practical course, seminar			
<b>Language teaching and instruction</b>	English			
<b>Module assessment</b>			<b>Form / duration / content, if applicable</b>	
<b>Final module assessment</b>	None			
<b>Cumulative module assessment consisting of</b>				
<b>Composition of the module grade for cumulative module assessment</b>				

	Mode of teaching / study	Semester hours per week	Semester CP			
			1	2	3	4
Compulsory: Theory of electron paramagnetic resonance spectroscopy	L	2	4			
<i>CEM</i> : Practical course in electron paramagnetic resonance spectroscopy	P	3		3		
<i>CEM</i> : Modern applications of MR spectroscopy	S	2	3			
TOTAL		4-7	7-10			

[E1.5] <i>Single-molecule spectroscopy and high-resolution microscopy</i>	<b>Einzelmolekülspektroskopie und hochauflösende Mikroskopie</b>	<b>Wahlpflichtmodul</b>	<b>6 CP (insg.) = 180 h</b>				<b>4 SWS</b>
			<b>Kontaktstudium 4 SWS / 60 h</b>		<b>Selbststudium 120 h</b>		
<b>Inhalte</b>							
<p><u>Vorlesung:</u> Spektroskopische und mikroskopische Verfahren der Einzelmolekülfluoreszenz: Lokalisierung einzelner Moleküle, Tracking, Einzelmolekül-FRET, Fluoreszenzlöschung; Anwendungen von Einzelmolekülmethoden zur Untersuchung der Dynamik (z.B. Diffusion, Konformation, Bindungsstudien) einzelner Moleküle (z.B. Proteine, Nukleinsäuren, Liganden) in vitro und im zellulären Kontext; Methoden zur Überwindung der optischen Auflösungsgrenze in der Fluoreszenzmikroskopie (z.B. STED, STORM / PALM); Anwendung hochauflösender Fluoreszenzmikroskopie zur Untersuchung zellulärer Strukturen; quantitative, hochauflösende Fluoreszenzmikroskopie sowie gezielte Markierungsstrategien; Anwendung von Einzelmolekülmethoden zur Messung der Dynamik von Biomolekülen; Grundlagen der Fluoreszenz, der geometrischen Optik und des Aufbaus sowie der Funktionsweise von Mikroskopen</p> <p><u>Übung:</u> Zur Vertiefung des Vorlesungsstoffs wird die Vorlesung von einer Übung begleitet.</p>							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
<b>Organisatorisches</b>							
Die Bearbeitung der Übungsaufgaben, sowie die regelmäßige Teilnahme an den Übungen wird dringend empfohlen. Importmodul, es gelten die Anmelde- und Rücktrittsfristen der Ordnung des Masters Chemie. (Die Klausur erfordert eine Anmeldung, spätestens sieben Tage vor dem Prüfungstermin. Bis zwei Werktage vor dem Prüfungstermin ist der Rücktritt ohne Angabe von Gründen möglich.)							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		Master Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		Bachelor Biophysik / FB 13, Master Physik / FB13, Master Biophysik / FB13, Master Biochemie / FB14, Master Biologie / FB15					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Wintersemester					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Prof. Heilemann					
<b>Semesterbegleitende Nachweise</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>							
<b>Leistungsnachweise</b>		Klausur (120 Min.)					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Deutsch					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>							
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Einzelmolekülspektroskopie und hochauflösende Mikroskopie	V	2	4			
	Einzelmolekülspektroskopie und hochauflösende Mikroskopie	Ü	2	2			
	SUMME		4	6			

[E1.6] <i>Biophysics</i>	Biophysik	Wahlpflicht- modul	3-15 CP (insg.) = 90-450 h		2-12 SWS
			Kontaktstudium 2-12 SWS / 30-180 h	Selbststudium 60-270 h	
<b>Inhalte</b>					
<p><u>Vorlesung - Einführung in die Biophysik:</u> Struktur, Dynamik und Funktion von Proteinen und Nukleinsäuren, z.B. im Hinblick auf Molekulare Motoren, Informationsübertragung, Energiewandlung, Sensorik; Eigenschaften biologischer Membranen; Erregungsleitung; Reaktionsmechanismen; experimentelle Methoden zur Untersuchung von Struktur und Funktion biologischer Makromoleküle; theoretische Methoden zu ihrer Beschreibung. Zur Vertiefung des Vorlesungsstoffs findet eine Übung statt.</p> <p><u>Seminar (optional):</u> Referat und Diskussion zu biophysikalischen Fragestellungen mit Bezug zur Vorlesung oder Themen aus der biophysikalischen Literatur.</p> <p><u>Praktikum (optional):</u> Experimente zu Methoden und Fragestellungen der modernen Biophysik (z. B. Spektroskopie, medizinische Physik, Membranbiophysik).</p> <p><u>Vorlesung - (Bio-)molekulare Dynamik:</u> Experimentelle Methoden werden vorgestellt aus den Bereichen: zeitaufgelöste Röntgenbeugung, Kristallographie und Elektronenbeugung; Ultrakurzzeitspektroskopie; mehrdimensionale optische Spektroskopie; Einzelmolekülspektroskopie; Einzelmolekülmikroskopie; Kraftmikroskopie; Optische Pinzetten; zeitaufgelöste NMR-Spektroskopie; Massenspektrometrie. Der Informationsgehalt der verschiedenen Experimente wird anhand wichtiger Beispiele erläutert. Diese umfassen unter anderem: Molekulare Motoren; Enzymfunktion; Photorezeptoren; Photosynthese; Proteinfaltung; Protonentransfer; Bruch und Bildung chemischer Bindungen; Katalysatoren; Bildung transienter Strukturen in Flüssigkeiten; Energietransfer in Molekülen; Aufklärung von Reaktionsmechanismen.</p> <p><i>Die Vorlesungen können unabhängig voneinander und auch einzeln gehört werden. Die Teilnahme an Seminar oder/und Praktikum ist optional und an Teilnahmevoraussetzungen gebunden. Eine Anmeldung zum Praktikum ist erforderlich; die Teilnahme kann aus Kapazitätsgründen beschränkt sein. Die Praktikumsregularien werden zu Beginn des Praktikums bekannt gegeben.</i></p>					
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>					
<p><u>Vorlesung, Seminar, Praktikum - Biophysik:</u> Die Studierenden lernen die Struktur und den Aufbau von biologischen Makromolekülen und Membranen kennen und erhalten einen Einblick in die Dynamik dieser Systeme, die Funktion von Proteinen, die Reaktionskinetik und die Bioenergetik. Sie lernen spektroskopische Techniken und Beugungstechniken zur Untersuchung von Struktur und Dynamik biologischer Makromoleküle kennen und erwerben die Fähigkeit, biophysikalische Zusammenhänge zu verstehen, darzustellen und zu diskutieren sowie grundlegende biophysikalische Experimente durchzuführen.</p> <p><u>Vorlesung - (Bio-)molekulare Dynamik:</u> Die Studierenden erlangen einen Überblick über dynamische Prozesse in Molekülen mit Bedeutung für chemische Reaktionen, für die Funktion von biologischen Makromolekülen im Organismus und für Strukturbildung in kondensierter Materie. Die Bedeutung der Kopplung von Prozessen auf verschiedenen Zeitskalen (Femtosekunden bis Sekunden), sowie auf verschiedenen Längenskalen (Bruchteil einer Bindungslänge bis hin zum Durchmesser großer Proteine) wird erarbeitet. Die Studierenden lernen aktuellste Methoden kennen, die die Messung von Moleküldynamik auf diesen Zeit- und Längenskalen ermöglichen. Die Studierenden können die Aussagekraft von Experimenten in der Fachliteratur kritisch beurteilen. Die Studierenden können beurteilen welche Informationen über Moleküldynamik mit unterschiedlichen Methoden zugänglich sind und die Methode wählen, die für eine bestimmte Fragestellung geeignet ist. Die Studierenden können die Bedeutung von Moleküldynamik für unterschiedliche Phänomene (chemische Reaktionen, Proteinfunktion, Strukturbildung in kondensierter Materie) einschätzen.</p>					
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>					
<p>Seminar: Studienleistung zur Vorlesung <i>Einführung in die Biophysik</i> oder <i>(Bio-)molekulare Dynamik</i>  Praktikum: Studienleistung zur Vorlesung <i>Einführung in die Biophysik</i></p>					
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>					
Grundlagen der Chemie (Stöchiometrie, Reaktionskinetik, Thermodynamik), Grundlagen der organischen Chemie					
<b>Organisatorisches</b>					
Teilimportmodul, es gelten die Anmelde- und Rücktrittsfristen der Ordnung der Masters Biophysik. (Die Klausur erfordert eine <b>Anmeldung</b> , spätestens <b>sieben Tage</b> vor dem Prüfungstermin. Bis zwei Werktage vor dem Prüfungstermin ist der Rücktritt ohne Angabe von Gründen möglich.) Zusätzlich wird die Teilnahme an Prüfungen, aus organisatorischen Gründen, in den Veranstaltungen abgefragt.					
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>			Bachelor Biophysik / FB13		
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>			Master Biochemie / FB14, Master Chemie / FB14		
<b>Häufigkeit des Angebots</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vorlesungen: Sommersemester</li> <li>- Seminar: in der Regel als Blockveranstaltung in der vorlesungsfreien Zeit des Sommersemesters</li> <li>- Praktikum: Winter- oder Sommersemester</li> </ul>		
<b>Dauer des Moduls</b>			1-2 Semester		
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>			Prof. Bredenbeck		
<b>Semesterbegleitende Nachweise</b>					
<b>Teilnahmenachweise</b>			Übung & Seminar: Regelmäßige und aktive Teilnahme		

<b>Leistungsnachweise</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vorlesungen: je Klausur (90 Min.) oder Fachgespräch (30 Min.)</li> <li>- Optional Seminar: Präsentation (30 Min.)</li> <li>- Optional Praktikum: Erfolgreiche Bearbeitung und Protokolle der Praktikumsversuche (siehe Praktikumsregularien)</li> </ul>						
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung, Seminar, Praktikum						
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>	Deutsch						
<b>Modulprüfung</b>	<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>						
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>							
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Einführung in die Biophysik	V+Ü	2,5+1,5		5		
	Biophysik	S	2		3		
	Biophysik	P	4		4		
	(Bio-)molekulare Dynamik	V	2		3		
	SUMME		4-12		3-15		

[E1.7] <i>X-ray structure analysis</i>	Röntgenstruktur-analyse	Wahlpflicht-modul	5 - 9 CP (insg.) = 150 / 270 h				3 - 7 SWS
			Kontaktstudium 3 - 7 SWS / 45 - 105 h		Selbststudium 105 - 165 h		
<b>Inhalte</b>							
<p><u>Vorlesung</u>: Beugung von Röntgenstrahlen am Kristallgitter; Kristallsymmetrie; Methoden zur Lösung des Phasenproblems; Ablauf einer Röntgenstrukturanalyse (Datensammlung, Datenreduktion, Strukturlösung und -verfeinerung); Bestimmung der absoluten Konfiguration; Interpretation der Ergebnisse; kristallographische Datenbanken; weitere aktuelle Themen</p> <p><u>Praktikum</u> (optional): Benutzung kristallographischer Programme; Durchführung einer Röntgenstrukturanalyse; Darstellung und Interpretation der Ergebnisse; Vergleich mit publizierten Kristallstrukturen.</p> <p><i>Die Vorlesung ist verpflichtend, das Praktikum ist optional.</i></p>							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
<p><u>Vorlesung</u>: Die Studierenden lernen die theoretischen Grundlagen der Röntgenstrukturanalyse (inkl. Kristallsymmetrie) sowie den Ablauf einer Röntgenstrukturanalyse kennen und verstehen die dafür erforderlichen Methoden. Nach der Vorlesung sind sie in der Lage, die Ergebnisse sachkundig zu interpretieren.</p> <p><u>Praktikum</u>: Nach dem Praktikum sind sie in der Lage, Kristallstrukturen selbst zu bestimmen und mit kristallographischen Datenbanken umzugehen.</p>							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
Praktikum: Bestandene Klausur zur Vorlesung.							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
<b>Organisatorisches</b>							
<p>Importmodul, es gelten die Anmelde- und Rücktrittsfristen der Ordnung des Masters Chemie. (Die Klausur erfordert eine <b>Anmeldung</b>, spätestens <b>sieben Tage</b> vor dem Prüfungstermin. Bis zwei Werktage vor dem Prüfungstermin ist der Rücktritt ohne Angabe von Gründen möglich.)</p> <p>Die Vorlesung ist verpflichtend, das Praktikum ist optional.</p> <p>Das Praktikum wird je nach organisatorischen Möglichkeiten angeboten und findet als Blockveranstaltung statt. Dafür ist eine Anmeldung erforderlich. Die Praktikumsregularien werden zu Beginn des Praktikums bekannt gegeben.</p>							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		Master Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		Master Biochemie / FB14					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		- Vorlesung: Wintersemesters - Praktikum: nach Ankündigung					
<b>Dauer des Moduls</b>		2 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Prof. Schmidt					
<b>Semesterbegleitende Nachweise Semesterbegleitende Nachweise</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>							
<b>Leistungsnachweise</b>		- Vorlesung: Klausur (120 Min.) - Praktikum (optional): Bearbeitung und Protokolle der Praktikumsversuche					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Praktikum					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Deutsch					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>							
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Röntgenstrukturanalyse	V	3	5			
	Optional: Röntgenstrukturanalyse	P	4	4			
	SUMME		3 - 7	5 - 9			

[E1.8]	<b>Modeling and Simulation of Biomolecules</b>	<b>Compulsory elective module</b>	<b>6 CP (total) = 180 h</b>				<b>4 SWS</b>
			<b>Contact hours 4 SWS / 60 h</b>	<b>Independent study 120 h</b>			
<b>Content</b>							
	<p><b>Lecture:</b> Review of probability theory; Primer in equilibrium statistical mechanics, with review of the necessary classical mechanics and mathematics. Highlights on structures as free energy minimizer; Introduction to stochastic phenomena. Gaussian noise, Brownian motion, diffusion (Fokker-Planck equation); Two state systems: from Ion channels to cooperative binding; Kramer's theory for thermally activated processes. Protein folding; Numerical simulations. Euler algorithm for Brownian motion.</p> <p><b>Tutorial:</b> In order to deepen the lecture material, the lecture is accompanied by a practical exercise and independent literature work.</p> <p>Introduction to MD + equilibrium MD; Molecular dynamics. Scales in time and space. Atomistic and coarse-grained MD; Biophysical Interactions, all-atom force fields and coarse grain force field (Martini); Production code and parallel computing. Introduction to GROMACS; predicting biophysical properties; Periodic boundary conditions. Ewald's summation for electrostatics; Thermostats &amp; Barostats; visualizing biophysical systems; Molecular simulations of biological systems.</p>						
<b>Learning outcomes and skills</b>							
	<p>Understand the basic principles of equilibrium and out-of-equilibrium statistical mechanics.</p> <p>Understand the principles of molecular dynamics simulations and the technical details involved in the setup of MD simulations. Perform basic molecular dynamics simulations of biological systems. Calculate biophysical properties of biomolecules to help the interpretation of the experimental data.</p>						
<b>Admissions requirements/Conditions for participation in the module/courses</b>							
	None						
<b>Recommended prior knowledge</b>							
	Basic knowledge of thermodynamics and statistics.						
<b>Organizational details</b>							
	Import module, the registration and cancellation deadlines of the Bachelor's/Master's Biophysics regulations apply. (The exam requires online <b>registration</b> , no later than <b>seven days</b> before the exam date. You can withdraw up to one working day before the exam date without giving reasons.)						
<b>Module allocation (degree programme/faculty)</b>			Master Biophysics / FB13				
<b>Eligibility of the module for other courses</b>			Master Chemistry / FB14, Master Biochemistry / FB14				
<b>Module offered</b>			summer semester				
<b>Duration</b>			1 semester				
<b>Module coordinator</b>			Prof. Hummer				
<b>Course requirements for credits</b>							
<b>Participation record</b>			Tutorial: Regular and active participation, processing of the tutorials				
<b>Coursework</b>			Written exam (90 min.)				
<b>Forms of teaching / learning</b>			lecture, tutorial				
<b>Language teaching and instruction</b>			English				
<b>Module assessment</b>			<b>Form / duration / content, if applicable</b>				
<b>Final module assessment</b>			None				
<b>Cumulative module assessment consisting of</b>							
<b>Composition of the module grade for cumulative module assessment</b>							
		Mode of teaching / study	Semester hours per week	Semester CP			
				1	2	3	4
	Modeling and simulation of biomolecules	L	2		3		
	Modeling and simulation of biomolecules	T	2		3		
	TOTAL		4		6		

[E1.9] <i>Structure and Function of Biomacromolecules</i>	Struktur und Funktion von Biomakromolekülen	Wahlpflichtmodul	7 CP (insg.) = 210 h				4 SWS
			Kontaktstudium 4 SWS / 60 h	Selbststudium 150 h			
<b>Inhalte</b>							
<p>Strukturbestimmung von Wirkstoffen und Biomakromolekülen als Grundlage zum Verständnis ihrer Funktion</p> <p><b>Röntgenstrukturanalyse:</b> Strukturelle und konformationell dynamische Eigenschaften von Molekülen/Biomakromolekülen; Struktur/Wirkungs-Beziehungen, Einführung in die rechengestützte Beschreibung und Analyse von Molekülen/Biomakromolekülen (Molecular Modeling), Kristallisation von Molekülen insbesondere Biomakromolekülen, Beurteilung und Bearbeitung von Kristallen als Vorbereitung eines Messexperimentes, Durchführung eines Messexperimentes, Einführung in kristallographische Grundlagen (Kristallsymmetrie und Raumgruppen, Beugung von Röntgenstrahlen an Kristallen), besondere Herausforderungen in der Strukturlösung von Biomakromolekülen wie der Lösung des Phasenproblem, Ermittlung von Reaktionswegen aus Kristallstrukturen.</p> <p><b>Computergestützte Strukturmodellierung und -vorhersage:</b> Prinzipien der kraftfeldbasierten Strukturmodellierung und Konformationsanalyse sowie Deep-Learning-Ansätze für die Proteinstrukturvorhersage.</p> <p><b>NMR-Spektroskopie:</b> theoretische Grundlagen der NMR-Spektroskopie, Einführung des Produktoperator-Formalismus zur Beschreibung von NMR-Experimenten, grundlegende NMR-Experimente, Abhängigkeit der NMR-Messgrößen von Strukturparametern und der Moleküldynamik, Strukturbestimmung von Proteinen und RNA.</p>							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
<p>Die Studierenden werden mit den wichtigsten Methoden zur Strukturbestimmung von Wirkstoffen und Biomakromolekülen vertraut gemacht und erwerben ein Verständnis für den komplexen Zusammenhang zwischen der dreidimensionalen Struktur von Molekülen und ihrer biologischen Funktion. Sie kennen die Möglichkeiten und Grenzen der verwendeten Strukturbestimmungsmethoden und sind in der Lage, den Informationsgehalt und die Zuverlässigkeit von publizierten Strukturen zu beurteilen. Darüber hinaus helfen ihnen die vermittelten Kenntnisse bei der Lösung von Strukturproblemen im Rahmen der späteren eigenen wissenschaftlichen Arbeit.</p>							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
<b>Organisatorisches</b>							
<p>Die Bearbeitung der Übungsaufgaben, sowie die regelmäßige Teilnahme an den Übungen wird dringend empfohlen. Importmodul, es gelten die Anmelde- und Rücktrittsfristen der Ordnung des Masters Chemie. (Die Klausur erfordert eine <b>Anmeldung</b>, spätestens <b>sieben Tage</b> vor dem Prüfungstermin. Bis zwei Werktage vor dem Prüfungstermin ist der Rücktritt ohne Angabe von Gründen möglich.)</p> <p>Die Vorlesung teilt sich in die Hälften <i>Röntgenstrukturanalyse</i> (Grininger) und <i>NMR-Spektroskopie</i> (Schwalbe).</p>							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		Master Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		Master Biochemie / FB14, Master Biophysik / FB13					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Wintersemester					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Prof. Grininger					
<b>Semesterbegleitende Nachweise Semesterbegleitende Nachweise</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>							
<b>Leistungsnachweise</b>		Klausur (180 Min.)					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Deutsch					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>							
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Struktur und Funktion von Molekülen	V	3	5			
	Struktur und Funktion von Molekülen	Ü	1	2			
	SUMME		4	7			

[E1.10]	<b>Statistics and Data Analysis</b>	<b>Compulsory elective module</b>	<b>4 CP (total) = 120 h</b>				<b>3 SWS</b>
			<b>Contact hours</b> <b>3 SWS / 45 h</b>		<b>Contact hours</b> <b>3 SWS / 45 h</b>		
<b>Content</b>							
<p>We introduce the basics of probability theory, classical statistics, and classical error analysis (uncertainty quantification, p-values, confidence intervals), which serve as starting points to explore modern methods of statistics (maximum likelihood, Bayes, machine learning).</p> <p>We use these methods to extract information from noisy data through linear and nonlinear parameter estimation (fitting) and model comparison. We show how to analyze data containing dynamical information by time series analysis (correlation functions, block averaging) and Markov chain Monte Carlo simulations. We introduce and discuss the main concepts of machine learning and discuss supervised and unsupervised learning, including state-of-the-art clustering methods and neural networks.</p> <p>In the tutorial, students learn to use these tools by adapting functions and scripts written in a modern programming language. They explore fundamental principles of probability theory, statistics, and machine learning. They learn the principles underlying these tools and how to apply them by analyzing data in practical examples taken from diverse areas of biophysics.</p>							
<b>Learning outcomes and skills</b>							
<p>In the course the students will be familiarized with the statistical tools necessary to extract information from noisy data reliably and with quantified uncertainties. The students will be able to identify the common pitfalls of statistical data analysis in their own work, and to critically assess the quality of published data and statistical analysis.</p>							
<b>Admissions requirements/Conditions for participation in the module/courses</b>							
None							
<b>Recommended prior knowledge</b>							
Basic knowledge of physics and mathematics. Programming experience in any language is desirable. In the practical course, we read, minimally adapt, and run Python code.							
<b>Organizational details</b>							
Import module, the registration and cancellation deadlines of the Bachelor's/Master's Biophysics regulations apply. (The exam requires online <b>registration</b> , no later than <b>seven days</b> before the exam date. You can withdraw up to one working day before the exam date without giving reasons.)							
<b>Module allocation (degree programme/faculty)</b>		Bachelor Biophysics / FB13					
<b>Eligibility of the module for other courses</b>		Master Chemistry / FB14, Master Biochemistry / FB14					
<b>Module offered</b>		summer semester					
<b>Duration</b>		1 semester					
<b>Module coordinator</b>		Dr. Jürgen Köfinger					
<b>Course requirements for credits</b>							
<b>Participation record</b>		Tutorial: Regular and active participation, processing of the tutorials					
<b>Coursework</b>		Oral exam (30 min.) or written exam (120 min.)					
<b>Forms of teaching / learning</b>		lecture, tutorial					
<b>Language teaching and instruction</b>		English					
<b>Module assessment</b>		<b>Form / duration / content, if applicable</b>					
<b>Final module assessment</b>		None					
<b>Cumulative module assessment consisting of</b>							
<b>Composition of the module grade for cumulative module assessment</b>							
		Mode of teaching / study	Semester hours per week	Semester CP			
				1	2	3	4
	Statistics and Data Analysis	L+T	2+1	4			
	TOTAL		3	4			

[E1.11] <i>Advanced Organic Chemistry</i>	Fortgeschrittene Organische Chemie	Wahlpflichtmodul	5 CP (insg.) = 150 h				3 SWS
			Kontaktstudium 3 SWS / 45 h	Selbststudium 105 h			
<b>Inhalte</b>							
<p><u>Vorlesung:</u> Moderne Methoden zur Knüpfung von C–C-Bindungen und zur Umwandlung funktioneller Gruppen (aufbauend auf dem Bachelormodul Reaktionsmechanismen der Organischen Chemie); Schwerpunkte: Organometall-Verbindungen in der organischen Synthese, moderne Oxidations- und Reduktionsreaktionen, enantioselektive und chemo-selektive Reaktionen; Multikomponenten- und Domino-Reaktionen</p> <p><u>Übung:</u> Zur Vertiefung des Vorlesungsstoffs findet eine Übung statt.</p>							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
Die Studierenden erhalten einen Überblick über die wichtigsten Synthesemethoden in der modernen Organischen Chemie und werden damit vertraut gemacht. Sie erwerben dabei die Kenntnisse, die zum Verständnis der aktuellen Literatur auf dem Gebiet der synthetisch-präparativen Organischen Chemie und zur Planung eigenständiger Synthesen benötigt werden.							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
<b>Organisatorisches</b>							
Die Bearbeitung der Übungsaufgaben, sowie die regelmäßige Teilnahme an den Übungen wird dringend empfohlen. Importmodul, es gelten die Anmelde- und Rücktrittsfristen der Ordnung des Masters Chemie. (Die Klausur erfordert eine <b>Anmeldung</b> , spätestens <b>sieben Tage</b> vor dem Prüfungstermin. Bis zwei Werktage vor dem Prüfungstermin ist der Rücktritt ohne Angabe von Gründen möglich.)							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		Master Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		Master Biochemie / FB14					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Sommersemester					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Prof. Göbel					
<b>Semesterbegleitende Nachweise Semesterbegleitende Nachweise</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>							
<b>Leistungsnachweise</b>		Klausur (150 Min.)					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Deutsch					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>							
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Fortgeschrittene Organische Chemie	V	2		3		
	Fortgeschrittene Organische Chemie	Ü	1		2		
	SUMME		3		5		

[E1.12] <i>Chemical Synthesis of Natural Products</i>	Chemische Naturstoffsynthese	Wahlpflicht- modul	7 CP (insg.) = 210 h				4 SWS
			Kontaktstudium 4 SWS / 60 h	Selbststudium 150 h			
<b>Inhalte</b>							
Die chemischen Totalsynthesen typischer Alkaloide (Papaverin, Reserpin, Aspidospermidin, Hirsutin) und Polyketide (Erythromycin, FK 506, Epothilon) werden ausführlich diskutiert. Die Vorlesung geht vom methodischen Wissen des Bachelor-Curriculums aus und erweitert dieses systematisch. Ein Schwerpunkt dabei ist die Entwicklung moderner stereoselektiver Methoden und deren Einfluß auf mögliche Synthesekonzepte. So kann man Polyketide nicht nur durch Aldolreaktionen, sondern auch durch Crotyl-Übertragungen, 1,3-dipolare Cycloadditionen und enantioselektiv katalysierte Reaktion von Ketenen mit Aldehyden erhalten. Fragen zum Sinn und Wert von Totalsynthesen sowie ein Vergleich unterschiedlicher Synthesestrategien (linear versus konvergent; zielgerichtet versus diversitätsorientiert) runden die Veranstaltung ab.							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
Die chemischen Totalsynthesen typischer Alkaloide (Papaverin, Reserpin, Aspidospermidin, Hirsutin) und Polyketide (Erythromycin, FK 506, Epothilon) werden ausführlich diskutiert. Die Vorlesung geht vom methodischen Wissen des Bachelor-Curriculums aus und erweitert dieses systematisch. Ein Schwerpunkt dabei ist die Entwicklung moderner stereoselektiver Methoden und deren Einfluß auf mögliche Synthesekonzepte. So kann man Polyketide nicht nur durch Aldolreaktionen, sondern auch durch Crotyl-Übertragungen, 1,3-dipolare Cycloadditionen und enantioselektiv katalysierte Reaktion von Ketenen mit Aldehyden erhalten. Fragen zum Sinn und Wert von Totalsynthesen sowie ein Vergleich unterschiedlicher Synthesestrategien (linear versus konvergent; zielgerichtet versus diversitätsorientiert) runden die Veranstaltung ab.							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
<b>Organisatorisches</b>							
Die Bearbeitung der Übungsaufgaben, sowie die regelmäßige Teilnahme an den Übungen wird dringend empfohlen. Importmodul, es gelten die Anmelde- und Rücktrittsfristen der Ordnung des Masters Chemie. (Die Klausur erfordert eine <b>Anmeldung</b> , spätestens <b>sieben Tage</b> vor dem Prüfungstermin. Bis zwei Werktage vor dem Prüfungstermin ist der Rücktritt ohne Angabe von Gründen möglich.)							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		Master Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		Master Biochemie / FB14					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Sommersemester					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Prof. Göbel					
<b>Semesterbegleitende Nachweise Semesterbegleitende Nachweise</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>							
<b>Leistungsnachweise</b>		Klausur (150 Min.)					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Deutsch					
<b>Modulprüfung</b>			<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>				
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>							
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		IV- Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Chemische Naturstoffsynthese	V	3		5		
	Chemische Naturstoffsynthese	Ü	1		2		
	SUMME		4		7		

[E1.13] <i>Chemistry of Heterocycles</i>	Chemie der Heterozyklen	Wahlpflichtmodul	5 CP (insg.) = 150 h				3 SWS
			Kontaktstudium 3 SWS / 45 h	Selbststudium 105 h			
<b>Inhalte</b>							
<p><u>Vorlesung:</u> Nomenklatur heterozyklischer Systeme; Synthese und Eigenschaften aliphatischer, aromatischer und polyzyklischer Heterozyklen; Vorkommen und Bedeutung von Heterozyklen in Natur, Medizin und Materialwissenschaften</p> <p><u>Übung:</u> Zur Vertiefung des Vorlesungsstoffs findet eine Übung statt.</p>							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
Die Studierenden erwerben Kenntnisse über die Eigenschaften und die Nomenklatur einfacher und komplexer heterozyklischer Verbindungen. Sie erlernen die verschiedenen Methoden zur Synthese der wichtigsten stickstoff-, sauerstoff- und schwefelhaltigen Heterozyklen. Dabei wird auch auf aktuelle Methoden eingegangen. In der begleitenden Übung werden die Studierenden an die selbstständige Planung der Synthese heterocyclischer Verbindungen heran geführt.							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
<b>Organisatorisches</b>							
Die Bearbeitung der Übungsaufgaben, sowie die regelmäßige Teilnahme an den Übungen wird dringend empfohlen. Importmodul, es gelten die Anmelde- und Rücktrittsfristen der Ordnung des Masters Chemie. (Die Klausur erfordert eine <b>Anmeldung</b> , spätestens <b>sieben Tage</b> vor dem Prüfungstermin. Bis zwei Werktage vor dem Prüfungstermin ist der Rücktritt ohne Angabe von Gründen möglich.)							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		Master Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		Master Biochemie / FB14					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Wintersemester					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Prof. Göbel					
<b>Semesterbegleitende Nachweise Semesterbegleitende Nachweise</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>							
<b>Leistungsnachweise</b>		Klausur (150 Min.)					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Deutsch					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>							
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Chemie der Heterozyklen	V	2	3			
	Chemie der Heterozyklen	Ü	1	2			
	SUMME		3	5			

[E1.14] <i>Highlights of Organic Chemistry and Chemical Biology</i>	<b>Highlights der Organischen Chemie und Chemischen Biologie</b>	<b>Wahlpflichtmodul</b>	<b>4 CP (insg.) = 120 h</b>				<b>2 SWS</b>
			<b>Kontaktstudium</b> 2 SWS / 30 h	<b>Selbststudium</b> 90 h			
<b>Inhalte</b>							
<p>Im Turnus von ein bis zwei Wochen werden frisch erschienene Publikationen ausgewählt, die als Vorbereitung zu lesen sind. Im Seminar diskutieren die Studierenden unter Anleitung an der Tafel Schritt für Schritt die sich aus der Publikation ergebenden Fragen. Themen sind meist Naturstoffsynthesen mittlerer Komplexität sowie weitere Arbeiten aus allen Bereichen der organischen Chemie. Die Auswahl erfolgt so, dass neben den Standardverfahren speziell auch aktuelle Methoden vermittelt werden können (z.B. Gold-Katalyse, Photoredoxkatalyse, Multikomponentenreaktionen etc.). Der vorherige Besuch der Module „Chemische Naturstoffsynthese“ und „Fortgeschrittene Organische Chemie“ ist anzuraten, weil dadurch der wöchentliche Aufwand zur Vorbereitung verringert werden kann.</p>							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
<p>Die Studierenden erweitern ihr theoretisches Wissen durch das Lesen aktueller Literatur und üben, dieses zur Lösung chemischer Probleme einzusetzen. Das vertiefte Verständnis von Reaktionen und deren Selektivität hilft den Studierenden, später eigene Synthesen, wie sie im Rahmen von Master- und Doktorarbeiten anfallen, kreativ zu planen und erfolgreich umzusetzen. Auch ist das Verstehen der laufenden Literatur Übungssache und bildet eine wesentliche Voraussetzung für das selbständige wissenschaftliche Arbeiten.</p>							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Modul <i>Chemische Naturstoffsynthese</i> oder Modul <i>Fortgeschrittene Organische Chemie</i>							
<b>Organisatorisches</b>							
<p>Importmodul, es gelten die Anmelde- und Rücktrittsfristen der Ordnung des Masters Chemie. Die einzelnen Veranstaltungen finden in Form eines Kolloquiums statt.</p>							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		Master Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		Master Biochemie / FB 14					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Sommer- und Wintersemester					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Prof. Göbel					
<b>Semesterbegleitende Nachweise Semesterbegleitende Nachweise</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>		Regelmäßige und aktive Teilnahme					
<b>Leistungsnachweise</b>		Mündliche Beteiligung (zu Beginn der Lehrveranstaltung werden die Kriterien der Bewertung erläutert)					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Seminar					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Deutsch					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>							
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Highlights der Organischen Chemie und Chemischen Biologie	S	2	4			
	SUMME		2	4			

[E1.15] <i>Laser chemistry</i>	Laserchemie	Wahlpflicht- modul	5 CP (insg.) = 150 h				3 SWS
			Kontaktstudium 3 SWS / 45 h	Selbststudium 105 h			
<b>Inhalte</b>							
<p><u>Vorlesung:</u> Laserprinzipien; Lasertypen; spezielle Eigenschaften von kohärentem Laserlicht; Vertiefung der mathematischen Beschreibung; grundlegende Prinzipien der linearen und nichtlinearen Optik; Realisierung von hochstabilen Dauerstrichlasern sowie gepulsten Laserquellen; spektroskopische Methoden (insbesondere elektronische Spektroskopie und Schwingungsspektroskopie); apparative Realisierung von spektroskopischen Prinzipien; Anwendung auf chemische Fragestellungen; gezielter Einsatz der Laserspektroskopie in den Biowissenschaften.</p> <p><u>Übung:</u> Zur Vertiefung des Vorlesungsstoffs findet eine Übung statt. Diese beinhaltet die Beschäftigung mit Übungsaufgaben bzw. aktuelle Literaturbesprechungen und Laborführungen.</p>							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
Die Studierenden sind in der Lage, Anwendungsmöglichkeiten von Lasern und die erforderliche Instrumentierung zu erklären. Sie können entscheiden, ob eine wissenschaftliche Fragestellung mit Lasern untersucht werden kann und welche Laserinstrumente dafür verfügbar sind. Neue Forschungsergebnisse aus der aktuellen Forschung können sie mit einem Fachpublikum erörtern.							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
<b>Organisatorisches</b>							
Die Bearbeitung der Übungsaufgaben, sowie die regelmäßige Teilnahme an den Übungen wird dringend empfohlen. Importmodul, es gelten die Anmelde- und Rücktrittsfristen der Ordnung des Masters Chemie. (Die Klausur erfordert eine <b>Anmeldung</b> , spätestens <b>sieben Tage</b> vor dem Prüfungstermin. Bis zwei Werktage vor dem Prüfungstermin ist der Rücktritt ohne Angabe von Gründen möglich.)							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		Master Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		Master Physik / FB13, Bachelor Biophysik / FB13, Master Biophysik / FB13, Master Biochemie / FB14					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Sommersemester					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		PD Braun					
<b>Semesterbegleitende Nachweise</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>							
<b>Leistungsnachweise</b>		Klausur (120 Min.) zur Vorlesung					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Deutsch					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>							
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV- Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Prinzipien und Anwendungen von Lasern in der Chemie	V	2		3		
	Prinzipien und Anwendungen von Lasern in der Chemie	Ü	1		2		
	SUMME		3		5		

[E1.16]	<b>Molecular Biosciences</b>	<b>Compulsory elective module</b>	<b>6 CP (total) = 180 h</b>		<b>4 SWS</b>
			<b>Contact hours 4 SWS / 60 h</b>	<b>Independent study 120 h</b>	
<b>Content</b>					
<p>In this module, four lectures from the field of molecular biosciences must be taken. The lectures deal with different molecular aspects of biology.</p> <p>The following lectures can be attended:</p> <p>First semester half</p> <p><u>Plant Biochemistry</u>: The lecture addresses the biochemistry of chloroplasts and regulation phenomena between nucleus and plastid. Plants as well as eukaryotic algae, specifically diatoms, are in focus. One topic is the regulation by photoreceptors. The different ways to gain genetically modified plants and algae are introduced and discussed.</p> <p><u>Bioinformatics - From Sequence to Function</u>: The focus is on analyzing raw data from genome or transcriptome sequencing, assembling, and annotating genomes or transcriptomes, transferring functional annotations supported by homology, considering relevant sequence databases, reconstructing individual metabolic pathways, and comparing them across species.</p> <p><u>Plant Physiology</u>: The lecture course "Plant Physiology" focuses on the developmental, metabolic, and sensory physiology and biotechnology of plants. It emphasizes the interactions of plants with the environment, signal transduction, and regulation.</p> <p><u>RNA – structure and function</u>: The lecture covers the basics of the function and structure of ribonucleic acids, including the chemical structure and conformation of RNA building blocks, the secondary and tertiary structure of RNA, regulatory RNA elements in prokaryotes, structure, and function of enzymatically active RNAs (ribozymes), and RNA aptamers and their applications.</p> <p>Second semester half</p> <p><u>Molecular &amp; Applied Microbiology</u>: In the lecture, the principles of petrochemical-based technologies for the production of commodities will be discussed, followed by biotechnological alternatives that are already implemented in bacteria and yeast, leading to discuss a novel, sustainable and climate-friendly CO<sub>2</sub>-based bioeconomy.</p> <p><u>Plant Developmental Genetics</u>: This course covers the classical and modern plant developmental genetics, including the generation and characterization of genetically modified plants. Additionally, fundamental knowledge of state-of-the-art fluorescence-based imaging techniques used for cellular localization and protein-protein interactions is imparted, such as confocal laser scanning microscopy and Förster Resonance Energy Transfer (FRET).</p> <p><u>Biosynthesis of Natural Substances</u>: The focus will be on the biosynthesis of polyketides, complex peptides, alkaloids, and terpenes. We will discuss typical reaction mechanisms and processes using selected biosynthetic pathways. Additionally, we will explore traditional and modern methods in natural product research, ranging from bioactivity-guided fractionation to computer-aided methods for identifying novel natural products (genome mining) and the latest techniques in synthetic biology.</p> <p><u>RNA Biology of Eukaryotes</u>: The lecture teaches the versatile structures and functions of ribonucleic acids (RNAs) and RNA-protein complexes (RNPs), the mechanisms of regulation of gene expression in eukaryotes and various methods for their investigation. Contents of the lecture are "Pre-mRNA splicing and the regulation of alternative splicing", "Non-coding RNAs and nuclear architecture", "Post-transcriptional regulation of gene expression", "Translation and RNA degradation", as well as classical and new methods for the investigation of gene expression".</p> <p><u>Molecular Cell Biology and Biochemistry of Eukaryotic Systems</u>: This lecture provides a combination of theoretical knowledge and hands-on experience. The courses cover important topics of Cell Biology of Higher Eukaryotes, with a focus on intracellular transport and membrane biology, as well as the cellular biochemistry of eukaryotes, using examples from mammalian cells, yeast, and plants. Special emphasis is placed on various aspects of protein homeostasis, the function and regulation of molecular chaperones, signal transduction and its specificities in different systems, protein transport in cells from synthesis to degradation, flow of proteins within the cell and across membranes, and organelle and protein complex dynamics.</p> <p><i>Four lectures must be chosen. Students are advised to chose 2 lectures per semester half.</i></p>					
<b>Learning outcomes and skills</b>					
<p>Upon completion of this module, students will have an overview of a spectrum of specific aspects of biochemistry, genetics, structural and molecular biology in microbiology and plant biology. This special knowledge helps the students in the preparation of seminar papers and in the search for a research field.</p>					
<b>Admissions requirements/Conditions for participation in the module/courses</b>					
None					
<b>Recommended prior knowledge</b>					
None					
<b>Organizational details</b>					
<p>Partial import module of the master's degree in biosciences. The registration and cancellation deadlines of the regulations for the Bachelor's degree in Biochemistry apply.</p>					
<b>Module allocation (degree programme/faculty)</b>			Master Molecular Biosciences / FB15		
<b>Eligibility of the module for other courses</b>			Master Biochemistry / FB14		
<b>Module offered</b>			summer semester		

<b>Duration</b>	1 semester						
<b>Module coordinator</b>	Prof. Büchel						
<b>Course requirements for credits</b>							
<b>Participation record</b>							
<b>Coursework</b>	Exam for each lecture (30 min. each)						
<b>Forms of teaching / learning</b>	lecture						
<b>Language teaching and instruction</b>	English						
<b>Module assessment</b>	<b>Form / duration / content, if applicable</b>						
<b>Final module assessment</b>	None						
<b>Cumulative module assessment consisting of</b>							
<b>Composition of the module grade for cumulative module assessment</b>							
		Mode of teaching / study	Semester hours per week	Semester CP			
				1	2	3	4
<i>First half of semester:</i>							
Plant Biochemistry		L	1		1.5		
Bioinformatics - From Sequence to Function		L	1		1.5		
Plant Physiology		L	1		1.5		
RNA – Structure and Function		L	1		1.5		
<i>Second half of semester:</i>							
Molecular and Applied Microbiology		L	1		1.5		
Plant Developmental Genetics		L	1		1.5		
Biosynthesis of Natural Products		L	1		1.5		
RNA Biology of Eukaryotes		L	1		1.5		
Molecular Cell Biology and Biochemistry of Eukaryotic Systems		L	1		1.5		
<b>TOTAL</b>			<b>4</b>		<b>6</b>		

<p>[E1.17] <i>Toxicology and ecology</i></p>	<p><b>Toxikologie und Ökologie</b></p>	<p><b>Wahlpflichtmodul</b></p>	<p><b>6 CP (insg.) = 180 h</b>  <b>Kontaktstudium</b>  <b>4 SWS / 60 h</b>      <b>Selbststudium</b>  <b>120 h</b></p>	<p><b>4 SWS</b></p>
<p><b>Inhalte</b></p>				
<p><u>Grundlagen der Ökotoxikologie:</u> Die Vorlesung vermittelt theoretisches Faktenwissen im Fach Ökotoxikologie. Es werden allgemeine und vertiefte spezifische Kenntnisse zum Verhalten und zu den Effekten von Chemikalien in der Umwelt, ihren Wirkungen auf Organismen und Lebensgemeinschaften sowie zur Erfassung des von ihnen ausgehenden Risikos für die Ökosysteme vermittelt.</p> <p>Es werden folgende thematischen Schwerpunkte behandelt: Produktion und Freisetzung von Schadstoffen, Eintragspfade von Schadstoffen in Ökosysteme, Verhalten von Schadstoffen in Umweltkompartimenten, Langstreckentransport von Chemikalien, Persistenz und abiotische Umwandlung, Verbleib von Schadstoffen in terrestrischen und aquatischen Ökosystemen, Toxikokinetik und Toxikodynamik, Aufnahme und Akkumulation von Schadstoffen, Verteilung, Umwandlung und Ausscheidung durch Organismen, Charakterisierung von Vergiftungen, Wirkmechanismen und Konzentrations-Wirkungsbeziehungen, Biologische Testverfahren, Umweltrisikobewertung von Chemikalien, Grenzwerte und ihre Ableitung, Biomonitoring und Bioindikation, Fallbeispiele für Schadstoffwirkungen.</p> <p><u>Einführung in die Humantoxikologie:</u> In der Vorlesung wird eine Einführung in alle Bereiche der Humantoxikologie gegeben. Neben den toxikologischen Grundlagen (Allgemeine Toxikologie; Teil 1 der Vorlesung) wird die Toxikologie wichtiger Organsysteme (Teil 2) und exemplarischer Substanzgruppen (Teil 3) als Grundlegung der Speziellen Toxikologie vermittelt.</p> <p>Im Teil 1 werden die Aufgaben der Toxikologie charakterisiert und Toxikodynamik und Toxikokinetik als die beiden Hauptdisziplinen der Toxikologie näher beleuchtet. Allgemeine Regeln der Wirkungscharakterisierung von Schadstoffen und der Beschreibung von Wirkungsmechanismen werden thematisiert. In der Toxikokinetik werden Gesetzmäßigkeiten von Aufnahme, Verteilung, Abbau und Ausscheidung toxischer Substanzen durch den menschlichen Organismus dargestellt. Schließlich sind die Toxizitätsbewertung gefährlicher Substanzen und die Behandlung von Vergiftungen weitere Themenkreise.</p> <p>Im Teil 2 werden toxische Wirkungen von Substanzen auf die Verdauungs- und Ausscheidungsorgane, das Blut und die blutbildenden Organe, das Immun- und Nervensystem (inkl. Sinnesorgane) sowie Haut und Lunge dargestellt. Besonderes Augenmerk wird auf fruchtschädigende (teratogene), krebserregende (kanzerogene) und hormonähnliche (endokrine) Wirkungen von gefährlichen Stoffen gelegt.</p> <p>Im letzten Vorlesungsabschnitt werden exemplarisch unterschiedliche Substanzgruppen und ihre toxischen Wirkungen vorgestellt. Hierzu gehören neben den Metallen und Metalloiden auch aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe, organische Stickstoffverbindungen, halogenierte Kohlenwasserstoffe, Alkohole, Ether, Phosphorsäureester, Carbamate und Alkylanzien.</p> <p><u>Gewässerökologie:</u> Die Vorlesung vermittelt theoretisches Faktenwissen zur Limnologie. Im Mittelpunkt der Veranstaltung steht die Verknüpfung aller Teilbereiche limnologischen und gewässerökologischen Grundwissens im Hinblick auf den Gewässerschutz sowie auf die Charakterisierung der Wassergüte und des Gewässerzustandes. Im Einzelnen werden folgende Themenbereiche intensiv bearbeitet: Wasser als Lebensraum, Hydrobiologie, Abflusskomponenten, Kennzeichen stehender und fließender Gewässer, chemisch-physikalische Faktoren in Gewässern, Stoffhaushalt bzw. Stoffkreisläufe, Nährstoffverteilung, Seen- und Fließgewässertypen, Zonierung von Gewässern, Lebensgemeinschaften und Besiedlung von Gewässern, Nahrungsketten bzw. Nahrungsnetze in limnischen Systemen, Plankton, Neuston/Pleuston, Benthon, Nekton, anthropogene (stoffliche sowie gewässerbauliche) Belastung und Renaturierung von Gewässern, Gewässerstrukturgütekartierung und biologische Gewässergütebeurteilung, Makrozoobenthosanalysen, EU-Wasserrahmenrichtlinie und Bewirtschaftungskonzepte für Gewässer.</p> <p><i>Es müssen zwei Vorlesungen gewählt werden.</i></p>				
<p><b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b></p>				
<p><u>Grundlagen der Ökotoxikologie:</u> Die Studierenden sind mit wichtigen Stoffeigenschaften vertraut, die zur Freisetzung und Verbreitung von Schadstoffen in der Umwelt führen. Sie kennen die grundlegenden Austauschvorgänge für Chemikalien zwischen den Umweltkompartimenten und sind in der Lage, die Aufnahme, Metabolisierung und Ausscheidung von Substanzen durch tierische und pflanzliche Organismen vorherzusagen sowie ihr Gefährdungs- und Risikopotential einzuschätzen. Damit sind sie in der Lage, selbständig besonders problematische Substanzen zu identifizieren, diese bezüglich ihrer Umweltrelevanz voneinander abgrenzen und für nachfolgende Untersuchungen zu priorisieren. Die Studierenden verfügen über das theoretische Wissen für die Auswahl geeigneter experimenteller Methoden für die Erfassung möglicher Umweltgefährdungen und für die darauf beruhende quantitative Ableitung des Risikos, das von diesen Substanzen ausgeht. Sie können entsprechende Analysen eigenständig durchführen und deren Ergebnisse kritisch hinterfragen.</p> <p><u>Humantoxikologie:</u> Die Vorlesung vermittelt den Studierenden grundlegende Kenntnisse zu den Wirkungen von Substanzen auf den menschlichen Organismus. Neben toxikodynamischen Grundlagen, die eine Charakterisierung der Wirkungen von Chemikalien unter Berücksichtigung mechanistischer Aspekte, von Struktur-Wirkungs- und Dosis-Wirkungs-Beziehungen erlauben, stehen toxikokinetische Gesetzmäßigkeiten im Vordergrund, die die Aufnahme, Verteilung und Elimination von Substanzen in Abhängigkeit von ihren Stoffeigenschaften darstellen. Den Studierenden werden weiterhin die aktuellen Vorschriften und gesetzlichen Grundlagen für die Toxizitätsbewertung von Chemikalien und die Grundzüge der Behandlung von Vergiftungen vermittelt. Sie lernen die wichtigsten Wirkungen von Substanzen auf die verschiedenen Organsysteme des Menschen kennen sowie die Effekte wichtiger Substanzgruppen.</p> <p>Es werden allgemeine Mechanismen vorgestellt, die anhand von konkreten Beispielen noch tiefer thematisiert werden. Dies wird durch den Bezug zu alltäglichen Anwendungen verstärkt. Es herrscht ein positives Lernklima, in der auch die Studierenden aufgefordert werden, aktiv mitzudenken und ihre Vorschläge und Lösungen beizusteuern. Dabei wird auch Bezug auf aktuelle Fälle genommen.</p> <p>Es handelt sich bei dieser Vorlesung um eine Einführungsveranstaltung, jedoch werden neben den Grundlagen tiefergehende Systeme und Mechanismen erklärt. Eine weitere Spezialisierung ist mit anderen Veranstaltungen möglich.</p>				

Gewässerökologie: Die Studierenden werden theoretisch mit den Grundlagen der Limnologie vertraut sein, die physikalische und ökologische Funktionsweise von stehenden und fließenden Gewässern unterscheiden und beurteilen können, ökosystemare Zusammenhänge und Prozesse in unterschiedlichen aquatischen Ökosystemen vergleichen können, die Rolle der Gewässerökologie im Bezug zum Umweltschutz bewerten und die unterschiedlichen Auswirkungen von Beeinträchtigungen interpretieren können.

**Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls**

**Empfohlene Voraussetzungen**

Kenntnisse der anorganischen und organischen Chemie werden erwartet.

**Organisatorisches**

Teilimportmodul des Masters Ökologie und Evolution. Es gelten die Anmelde-, Rücktrittsfristen der Ordnung des Bachelors Biochemie

<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>	Master Ökologie und Evolution / FB15
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>	Master Ökologie und Evolution, Biologie Lehramt für Gymnasien (L3), Master Biochemie / FB14
<b>Häufigkeit des Angebots</b>	- Vorlesung - <i>Grundlagen der Ökotoxikologie</i> : in der 2. Hälfte des Wintersemesters - Vorlesung - <i>Humantoxikologie</i> : Sommersemester - Vorlesung - <i>Gewässerökologie</i> : 1. Hälfte des Sommersemesters
<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>	Prof. Oehlmann
<b>Semesterbegleitende Nachweise</b>	
<b>Teilnahmenachweise</b>	
<b>Leistungsnachweise</b>	Jeweils Klausur über die Inhalte der jeweiligen Vorlesung (60 Min.)
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>	Deutsch
<b>Modulprüfung</b>	<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>	
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>	
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>	

	LV-Form	SWS	Semester CP			
			1	2	3	4
Grundlagen der Ökotoxikologie	V	2	3			
Humantoxikologie	V	2		3		
Gewässerökologie	V	2		3		
SUMME		4	6			

[E1.18] <i>Advanced Chemical Biology</i>	Fortgeschrittene Chemische Biologie	Wahlpflichtmodul	5 CP (insg.) = 150 h				2 SWS
			Kontaktstudium 2 SWS / 30 h	Selbststudium 120 h			
<b>Inhalte</b>							
<p><u>Vorlesung:</u> Fortgeschrittene Aspekte der DNA/RNA- und Proteinsynthese und -analytik; moderne diagnostische und spektroskopische Methoden zur Untersuchung der Biopolymere und zum Verständnis ihrer Funktion; DNA-Analoga und deren Herstellung; Antisense-Strategie; RNA-Interferenz; miRNAs; Antagomirs; RNA splicing; RNA editing; Aptamere; Ribozyme; Riboswitches; Ladungstransport in DNA; DNA-Reparatur; Photoschäden von Nukleinsäuren und deren Reparatur; nucleic acid structural probing (SHAPE, footprinting, RNase digest); Polyketide; Proteine mit nichtnatürlichen Aminosäuren</p> <p><u>Übung:</u> Zur Vertiefung des Vorlesungsstoffs findet eine Übung statt; sie ist in die Vorlesung integriert.</p>							
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>							
Die Studierenden erhalten einen Einblick in fortgeschrittene Themen und aktuelle Forschungsgebiete der Chemischen Biologie mit speziellem Fokus auf Nukleinsäure-basierten Methoden. Dazu gehören moderne diagnostische und spektroskopische Methoden zur Untersuchung der Biopolymere und zum Verständnis ihrer Funktion.							
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>							
Keine							
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>							
Grundkenntnisse der chemischen Biologie							
<b>Organisatorisches</b>							
<p>Die Übung ist in die Vorlesung integriert. Die Bearbeitung der Übungsaufgaben, sowie die regelmäßige Teilnahme an den Übungen wird dringend empfohlen.</p> <p>Importmodul, es gelten die Anmelde- und Rücktrittsfristen der Ordnung des Masters Chemie. (Die Klausur erfordert eine <b>Anmeldung</b>, spätestens <b>sieben Tage</b> vor dem Prüfungstermin. Bis zwei Werktage vor dem Prüfungstermin ist der Rücktritt ohne Angabe von Gründen möglich.)</p>							
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		Master Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		Master Biochemie / FB14					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		Sommersemester					
<b>Dauer des Moduls</b>		1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Prof. Heckel					
<b>Semesterbegleitende Nachweise</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>		Keine					
<b>Leistungsnachweise</b>		Klausur (180 Min.)					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Vorlesung, Übung					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Deutsch					
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>		Keine					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>							
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
	Fortgeschrittene Chemische Biologie	V + Ü	2		5		
	SUMME		2		5		

[E1.19] <i>Advanced Chemical Biology – Practical course</i>	Fortgeschrittene Chemische Biologie – Praktikum	Wahlpflichtmodul	6 CP (insg.) = 180 h				4 SWS	
			Kontaktstudium 4 SWS / 60 h	Selbststudium 120 h				
<b>Inhalte</b>								
<p><u>Praktikum</u>: Grundlegende Methoden der Manipulation und Charakterisierung von DNA und Proteinen; Proteinexpression; Zellkultur- und Ligandenbindungsstudien</p> <p><u>Seminar</u>: Ein Seminar begleitet das Praktikum zur Vor- und Nachbereitung.</p>								
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>								
Die Studierenden erhalten einen Einblick in fortgeschrittene Themen und aktuelle Forschungsgebiete der Chemischen Biologie. Dazu kommen Einblicke in moderne diagnostische und spektroskopische Methoden zur Untersuchung der Biopolymere und zum Verständnis ihrer Funktion.								
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>								
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>								
Grundkenntnisse der chemischen Biologie								
<b>Organisatorisches</b>								
<p>Importmodul, es gelten die Anmelde- und Rücktrittsfristen der Ordnung des Masters Chemie.</p> <p>Das Praktikum (2 Wochen) findet als Blockveranstaltung in der vorlesungsfreien Zeit zwischen Winter- und Sommersemester statt. Dafür ist eine Anmeldung erforderlich. Die Praktikumsregularien werden zu Beginn des Praktikums bekannt gegeben.</p>								
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>			Master Chemie / FB14					
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>			Master Biochemie / FB14					
<b>Häufigkeit des Angebots</b>			einmal im Jahr (nach Ankündigung)					
<b>Dauer des Moduls</b>			1 Semester					
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>			Dr. Scheffer					
<b>Semesterbegleitende Nachweise</b>								
<b>Teilnahmenachweise</b>								
<b>Leistungsnachweise</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Praktikum: Bearbeitung und Protokolle der Praktikumsversuche</li> <li>- Seminar: Protokoll in Form einer wissenschaftlichen Veröffentlichung (ca. 10 Seiten)</li> </ul>					
<b>Lehr- / Lernformen</b>			Praktikum, Seminar					
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>			Deutsch					
<b>Modulprüfung</b>			<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>					
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>								
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>								
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>								
			LV-Form	SWS	Semester CP			
					1	2	3	4
	Fortgeschrittene Chemische Biologie – Praktikum (2 Wochen)		P	3,5	5			
	Fortgeschrittene Chemische Biologie - Praktikum		S	0,5	1			
	SUMME			4	6			

Import module

[E1.20]	Pharmacology	Compulsory elective module	6 CP (total) = 180 h				4 SWS
			Contact hours 4 SWS / 60 h		Independent study 120 h		
<b>Content</b>							
<p>Pharmacodynamics, pharmacokinetics and toxicology of drugs; pathophysiology and drug therapy of selected diseases; drug development.</p> <p>About two thirds of the seminar is held in the form of interactive lectures, in the second half the students present content in presentations that were developed in group work.</p>							
<b>Learning outcomes and skills</b>							
<p>The seminar provides students with basic knowledge from the fields of pharmacology and toxicology on the basis of pathophysiological and biochemical laws. The students learn to develop and present knowledge from this area independently. Upon successful completion of the module, students are able to understand and explain the effects and side effects of drugs in certain diseases on the basis of pathophysiological and biochemical knowledge. Through the presentations, they learn in particular about the nature of drug development. The module thus expands your possible career spectrum in the direction of life science activities.</p>							
<b>Admissions requirements/Conditions for participation in the module/courses</b>							
None							
<b>Recommended prior knowledge</b>							
None							
<b>Organizational details</b>							
<p>Import module, the registration and cancellation periods of the regulations for the Master's degree in chemistry apply. (The exam requires <b>registration</b>, no later than <b>seven days</b> before the exam date. You can withdraw up to two working days before the examination date without giving a reason.)</p> <p>Registration is required for the module. The exact course regulations will be announced at the beginning of the course (introductory event). Minimum number of participants: 12 students.</p>							
<b>Module allocation (degree programme/faculty)</b>			Master Chemistry / FB14				
<b>Eligibility of the module for other courses</b>			Bachelor / Master Biochemistry / FB14, Master Bioinformatics /FB11				
<b>Module offered</b>			summer semester				
<b>Duration</b>			1 semester				
<b>Module coordinator</b>			Dr Lu				
<b>Course requirements for credits</b>							
<b>Participation record</b>			Regular and active participation				
<b>Coursework</b>			- presentation - expert talk (20 min.) or exam (60 min.)				
<b>Forms of teaching / learning</b>			seminar				
<b>Language teaching and instruction</b>			German or English				
<b>Module assessment</b>			<b>Form / duration / content, if applicable</b>				
<b>Final module assessment</b>			None				
<b>Cumulative module assessment consisting of</b>							
<b>Composition of the module grade for cumulative module assessment</b>							
		Mode of teaching / study	Semester hours per week	Semester CP			
				1	2	3	4
	Introduction to pharmacology for students of natural sciences	S	4		6		
	TOTAL		4		6		

[E1.21]	Computational Drug Design	Compulsory elective module	5 CP (total) = 150 h				4 SWS
			Contact hours 4 SWS / 60 h		Independent study 90 h		
<b>Content</b>							
<p><b>Lecture:</b> The theory and application of computational methods used in drug design and discovery are presented in an application-oriented way. For this purpose, different computational methods, such as docking, modeling, ligand-based approaches, bioinformatic approaches as well as molecular dynamics (MD) simulation-based methods, are introduced. Their applications in drug design will be discussed with numerous examples from published scientific literature. Furthermore, for each method the widely used softwares will be introduced and exercises utilising these software are integrated into the lectures.</p> <p><b>Practical course:</b> During the practical part, the individual methods are applied to simple problems of drug design. The topics offer a wide variety of computational methods spanning theoretical biophysics, biochemistry, and medicinal chemistry.</p>							
<b>Learning outcomes and skills</b>							
The goal of this module is to introduce the students to the modern computational tools widely used for drug design. Students understand the theory, application, and limitations of each method and would be able to use them for specific projects. Through the focus on sample programs, students learn how to use computational methods in different projects.							
<b>Admissions requirements/Conditions for participation in the module/courses</b>							
None							
<b>Recommended prior knowledge</b>							
Basic knowledge of programming and Linux environment, bachelor-level knowledge of organic chemistry as well as good knowledge of protein chemistry and structure. Use your own laptop during the lecture.							
<b>Organizational details</b>							
Import module, the registration and cancellation deadlines of the Bachelor's/Master's Biophysics regulations apply. (The exam requires online <b>registration</b> , no later than <b>seven days</b> before the exam date. You can withdraw up to one working day before the exam date without giving reasons.)							
<b>Module allocation (degree programme/faculty)</b>		Master Biophysics / FB13					
<b>Eligibility of the module for other courses</b>		Master Biochemistry / FB14					
<b>Module offered</b>		winter semester					
<b>Duration</b>		1 semester					
<b>Module coordinator</b>		Prof Hummer					
<b>Course requirements for credits</b>							
<b>Participation record</b>							
<b>Coursework</b>		Lecture: Written (exam, 90 min.) or expert discussion (30 min.)					
<b>Forms of teaching / learning</b>		Lecture, practical course					
<b>Language teaching and instruction</b>		English					
<b>Module assessment</b>		<b>Form / duration / content, if applicable</b>					
<b>Final module assessment</b>		None					
<b>Cumulative module assessment consisting of</b>							
<b>Composition of the module grade for cumulative module assessment</b>							
		Mode of teaching / study	Semester hours per week	Semester CP			
				1	2	3	4
	Computational drug design	L	2	3			
	Computational drug design	P	2	2			
	TOTAL		4	5			

<b>[E1.22]</b> <i>Drug Development</i>	<b>Wirkstoff- und Arznei- mittelentwicklung</b>	<b>Wahlpflichtmodul</b>	<b>5 - 6 CP (insg.) = 150 - 180 h</b>	<b>2,5 - 4 SWS</b>
			<b>Kontaktstudium 2,5 - 4 SWS / 37,5 - 60 h</b>	<b>Selbststudium 112,5 - 120 h</b>
<b>Inhalte</b>				
<p><i>Es kann entweder die Kombination I: Vorlesung „Wirkstoffdesign – Medizinalchemische Aspekte“ + Seminar „Case study“ ODER die Kombination II: Vorlesung „Wirkstoffdesign – Biochemische Aspekte“ + Seminar „Molekulare Mechanismen von Wirkstoffen“ (II.) besucht werden.</i></p> <p><b>I. Vorlesung „Wirkstoffdesign – Medizinalchemische Aspekte“:</b> Wirkstofftargets, Homologie-Modellierung, Molekulares Docking, biophysikalische Methoden in der Wirkstoffforschung, Prinzipien der Medizinischen Chemie, Leitstruktur-Optimierung, Virtuelles Screening, Bioisosterenersatz, moderne Synthesemethoden, QSAR, Fragment-basiertes Wirkstoffdesign  <b>Seminar „Case study“:</b> Im Rahmen einer selbständig erarbeiteten Präsentation zu einem Beispiel einer erfolgreichen Arzneimittelentwicklung sollen die Studierenden in 2er Gruppen ihr erlerntes Wissen vertiefen, anwenden und gegenseitig präsentieren. Dabei steht die gesamte Wertschöpfungskette der Entwicklung eines Arzneimittels im Fokus, angefangen vom Wirkstoffdesign bis hin zur Marktzulassung.</p> <p><b>II. Vorlesung „Wirkstoffdesign – Biochemische Aspekte“:</b> Identifizierung von Wirkstofftargets; Signalwege, enzymatische Reaktionen und ihre geeigneten Nachweissysteme (Assays); Grundlagen zur Arbeit mit molekularen Strukturen und Datenbankeinträgen; moderne biochemische Methoden für Assay-Development und high-throughput screening: alpha-screen, (TR-)FRET, (bio-)Lumineszenz, BRET, FP; orthogonale Assays und Duplexing; Kontrolle auf off-target Effekte und Toxizität; biophysikalische Methoden in der Wirkstoffsuchforschung, SPR, ITC, DSE, CD; Nutzbarmachung der Strukturbioogie; Beispiele von Wirkstoffentwicklung für neurodegenerative Erkrankungen;  <b>Seminar „Molekulare Mechanismen von Wirkstoffen“:</b> Im Rahmen einer selbständig erarbeiteten Präsentation zu einem Beispiel einer erfolgreichen Arzneimittelentwicklung sollen die Studierenden in 2er Gruppen ihr erlerntes Wissen vertiefen, anwenden und gegenseitig präsentieren. Dabei liegt der Focus auf den frühen Phasen der Wirkstoffsuchforschung. Anhand von Publikationen zeichnen sie die wichtigsten Schritte von der Target-Validierung über Assay-Entwicklung und Screening, über die Identifizierung geeigneter Scaffolds, orthogonale Assays, die SAR begleitende Testung und geeignete Zelllinien sowie Tiermodelle nach.</p> <p><b>Seminar „Aktuelle Aspekte der pharmazeutischen Wissenschaften“:</b> (optional) Seminar-Vorträge zu aktuellen Themen auf dem Gebiet der Wirkstoff- und Arzneimittelforschung  <i>Das Seminar „Aktuelle Aspekte der pharmazeutischen Wissenschaft“ kann optional besucht werden.</i></p>				
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>				
<p>Durch die Vorlesung „Wirkstoffdesign – Medizinalchemische Aspekte“ erlangen die Studierenden einen Einblick in die Wirkstoffforschung. Sie erarbeiten sich ein umfassendes Verständnis der interdisziplinären Ansätze in der Wirkstoffforschung und kennen die fächerübergreifende Herangehensweise bei der Identifizierung und Optimierung neuer Wirkstoffe.</p> <p>Durch die selbständige Bearbeitung eines Fallbeispiels einer erfolgreichen Arzneimittelentwicklung im Rahmen des Seminars Case study sind die Studierenden in der Lage, unter Anwendung ihrer im Masterstudium erworbenen Kompetenzen eigenständig komplexe pharmazeutische Sachverhalte zu recherchieren, aufzubereiten, zu bewerten und verständlich zu präsentieren.</p> <p>Durch die Vorlesung „Wirkstoffdesign – Biochemische Aspekte“ sollen die Studierenden in Lage versetzt werden, für unterschiedliche Zielproteine und Fragestellungen passende Assays zu identifizieren. Sie erarbeiten sich ein umfassendes Verständnis darüber welche unterschiedlichen biochemischen und biophysikalischen Methoden in der Wirkstoffsuchforschung zur Anwendung kommen und wie diese im Wechselspiel mit anderen Disziplinen zur Identifizierung und Optimierung neuer Wirkstoffe beitragen.</p> <p>Durch die selbständige Bearbeitung eines Fallbeispiels einer erfolgreichen präklinischen Wirkstoffentwicklung im Rahmen des Seminars „Molekulare Mechanismen von Wirkstoffen“ vertiefen die Studierenden ihr erlerntes Wissen. Sie sind in der Lage unter Anwendung ihrer im Masterstudium erworbenen Kompetenzen anhand von Publikationen komplexe biochemische Nachweissysteme und Daten aufzuarbeiten, verständlich zu präsentieren und zu bewerten.</p>				
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>				
Keine				
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>				
Keine				
<b>Organisatorisches</b>				
<p>Teilimportmodul, es gelten die Anmelde- und Rücktrittsfristen der Ordnung des Masters Arzneimittelforschung. Es kann nur eine Kombination (I. oder II.) angerechnet werden.</p> <p>Für alle Studierenden, die sich in dem jeweiligen Semester prüfen lassen, finden Präsentationen an einem gemeinsamen Termin statt.</p> <p>Die Anzahl der Teilnehmer*innen in den Vorlesungen „Wirkstoffdesign - Medizinalchemische Aspekte“ + Seminar „Case Study“ und „Wirkstoffdesign – Biochemische Aspekte“ + Seminar „Molekulare Mechanismen von Wirkstoffen“ sind jeweils begrenzt auf max. jeweils 18 Teilnehmer*innen, AMF hat Vorrang. <u>Vorabanmeldung.</u></p>				
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>			Master Arzneimittelforschung / FB14	
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>			Master Biochemie / FB14, Master Chemie / FB14 Teilmodul: M.Sc. Bioinformatik / FB12	

<b>Häufigkeit des Angebots</b>	jedes Semester						
<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester						
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>	Prof. Proschak, Dr. Hofmann						
<b>Semesterbegleitende Nachweise</b>							
<b>Teilnahmenachweise</b>	Seminare: Regelmäßige und aktive Teilnahme						
<b>Leistungsnachweise</b>	Präsentation (20 Min.)						
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung, Seminar						
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>	Deutsch						
<b>Modulprüfung</b>	<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>						
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus</b>	Keine						
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus</b>							
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen</b>							
		LV-Form	SWS	Semester CP			
				1	2	3	4
I. Wirkstoffdesign – Medizinalchemische Aspekte		V	2	3			
Case Study		S	0,5	2			
II. Wirkstoffdesign – Biochemische Aspekte		V	2	3			
Molekulare Mechanismen von Wirkstoffen		S	0,5	2			
Optional: Aktuelle Aspekte der pharmazeutischen Wissenschaften		S	1,5	1			
SUMME			2,5-4	5-6			

[E1.23] <i>iGEM</i>	iGEM	Compulsory elective module	3-7 CP (total) = 90-210 h				2-4 SWS
			Contact hours 2-4 SWS / 30-60 h	Independent study 60-150 h			
<b>Content</b>							
<p><u>Project development:</u> In the winter semester students are involved in a seminar that involves research and project development for an independent student research project that could be applied for the international synthetic biology competition iGEM. At the beginning of the weekly seminar the students will present a former iGEM project and work out its strong and weak points. Then the students brainstorm general project ideas and elaborate a project plan in small groups. The groups will present their approaches. This is followed by anti-pitches from the other groups to work out the weak points and find improvements. The finalized project ideas will be assembled and presented to the whole student group that wants to work on the project in the summer semester. They then vote on the most feasible project idea.</p> <p><u>Project implementation:</u> In the summer semester the students work independently on the project in the wet lab, dry lab, human practices and finances. The hours that each student works on the project will be tracked using a time sheet. In addition, weekly general meetings with the whole team take place (seminar). End of September (before or after the official wiki freeze of the iGEM competition) each student will either present their work.</p> <p><i>Students can participate in either Project development (CEM) and / or Project implementation (CEM).</i></p>							
<b>Learning outcomes and skills</b>							
Students learn to organize themselves in an interdisciplinary team and work out a project that can be judged at the international iGEM competition. The students learn how to work out a project plan for a project that could be applied to real life. Apart from gaining a deeper understanding of science, research and project planning the students also achieve valuable soft skills such as science communication, presentation skills, communication skills, leadership, lab management, project coordination, and funding scientific projects.							
<b>Admissions requirements/Conditions for participation in the module/courses</b>							
It can be taken twice, both in Bachelor's or Master's programme.							
<b>Recommended prior knowledge</b>							
Completed Bachelor's degree or advanced semester in the Bachelor's degree program (from 3rd semester).							
<b>Organizational details</b>							
<b>Module allocation (degree programme/faculty)</b>		Master Biochemistry / FB14					
<b>Module transferrable to other degree programmes</b>		Bachelor Biochemie / FB 14, Bachelor Chemie / FB 14, Master Chemie / FB 14					
<b>Module offered</b>		Winter semester: Seminar Project development Summer semester: Project implementation - work on the project, general meetings (seminar), completion of the project for presentation at the Grand Jamboree					
<b>Duration</b>		1-2 semester					
<b>Module coordinator</b>		Dr. Rana Hussein Ali					
<b>Course requirements for credits</b>							
<b>Participation record</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Project development: Regular and active participation</li> <li>- Project implementation: Regular and active participation on general meeting. Time sheet for working hours (90 h) on the project. The time sheet is reviewed by the project group leaders in consultation with the module coordinator.</li> </ul>					
<b>Coursework</b>		None					
<b>Forms of teaching / learning</b>		Seminar, Project					
<b>Language teaching and instruction</b>		English					
<b>Module assessment</b>		<b>Form / duration / content, if applicable</b>					
<b>Final module assessment</b>							
<b>Cumulative module assessment consisting of</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Project development: Group presentation (15 Min.) of a former iGEM project, presentation of project ideas, discussion about weak and strong points of the proposed projects.</li> <li>- Project implementation: Concluding presentation (20 Min.) of the work that each student contributed to the project.</li> </ul>					
<b>Composition of the module grade for cumulative module assessment</b>		CP-weighted average of the grades					
		Mode of teaching / study	Semester hours per week	Semester CP			
				1	2	3	4
	CEM: Project development	S	2	3			
	CEM: Project implementation	Project + S	2		4		
	TOTAL		2-4	3-7			

## Free elective modules (max. 10 CP)

Teilimportmodul

[E2.1] <i>Soft Skills</i>	Schlüsselqualifikationen	Wahlpflichtmodul	3 - 9 CP = 120 - 270 h		2 - 6 SWS
			Kontaktstudium 2-6 SWS /30-90 h	Selbststudium 90 - 180 h	
<b>Inhalte</b>					
<p><u>Mentoring / Tutoring</u>: Anleitung studentischer Lerngruppen; Betreuung und Beratung von Studierenden in den Anfangssemestern.</p> <p><u>Patentrecht, Gebrauchsmuster, Design, Marke: Gewerblichen Rechtsschutz</u>: Überblick über die verschiedenen, relevanten Schutzrechte: Patent; Patentanmeldung; Gebrauchsmuster; Design; Marke; Besprechung der Verfahren vor dem Deutschen Patent- und Markenamt (DPMA); Von der Anmeldung bis zur Erteilung/Eintragung; Grundrisse europäischer und internationaler Anmeldeverfahren; Grundzüge des Arbeitnehmererfindungsrechts.</p> <p><u>Scientific English</u>: Bearbeitung englischsprachiger Fachtexte; Darstellung wissenschaftlicher Inhalte in englischer Sprache (Präsentation und Referat); Erarbeitung eines Beitrags für ein wissenschaftliches Journal.</p> <p><u>ENG: German for students with German as a foreign language</u>: German as a scientific language for non-native speakers - different levels</p> <p><i>Das Seminar Aktuelle Aspekte ist in der Biochemie nicht möglich.</i></p>					
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>					
<p>Die Studierenden vertiefen Schlüsselqualifikationen wie Präsentationstechniken, Sprachkenntnisse sowie die Anleitung von studentischen Lerngruppen. Dabei üben sie die unterschiedlichen Rollen in Lerngruppen ebenso wie Diskussionsleitung oder Teamarbeit und bauen ihre Kommunikationsfähigkeit und Führungskompetenz aus.</p> <p>Sie erwerben grundlegende Kenntnisse in dem industrierelevanten Feld des gewerblichen Rechtsschutzes, wie Patentrecht, Gebrauchsmuster, Design, Marke und gewinnen Einblicke in den Umgang mit geistigem Eigentum, Arbeitnehmererfindungsrecht sowie den Anmeldeverfahren.</p> <p>Sie erlernen das wissenschaftliche Lesen, Verstehen, Übersetzen von wissenschaftlichen Artikel sowie den wissenschaftlichen "Smalltalk" in englischer Sprache. Ferner üben und erlernen sie die Präsentation wissenschaftlicher Ergebnisse in englischer Sprache.</p> <p><u>ENG</u>: In addition to courses in which you will acquire in-depth German language skills in order to be able to follow courses better and to express yourself better in written and oral examinations, courses are also offered at beginner level, as well as courses for Masters students studying in English.</p>					
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls</b>					
Bereits im Bachelor absolvierte Veranstaltungen können nicht erneut absolviert werden.					
<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>					
<b>Organisatorisches</b>					
Patentrecht und Scientific English erfordern eine vorherige Anmeldung, siehe LSF.					
<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>		Chemie / FB14			
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>		Master Biochemie / FB14			
<b>Häufigkeit des Angebots</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tutoring/Mentoring, Patentrecht... im Wintersemester</li> <li>- Scientific English im Sommersemester</li> <li>- Deutsch... jedes Semester</li> </ul>			
<b>Dauer des Moduls</b>		1-2 Semester			
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>		Dr. Lill			
<b>Semesterbegleitende Nachweise</b>					
<b>Teilnahmenachweise</b>		Regelmäßige und aktive Teilnahme			
<b>Leistungsnachweise</b>					
<b>Lehr- / Lernformen</b>		Seminar			
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>		Deutsch / English			
<b>Modulprüfung</b>		<b>Form / Dauer / ggf. Inhalt</b>			
<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>					
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>		pro Veranstaltung eine Prüfung (max. 3 je nach Wahl der Lehrveranstaltung. Mentoring/Tutoring: Portfolio der Übungsstunden; Patentrecht: Präsentation (15 min.); Scientific English: Präsentation (10 Min.); Deutsch: mündliche Prüfung oder nach Vorgabe des ISZ)			
<b>Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:</b>		Note als CP-gewichtetes Mittel der abgeschlossenen Modulteilprüfungen			
		LV-Form	SWS	Semester	CP

			1	2	3	4
Mentoring / Tutoring	S	2	3		3	
Patentrecht, Gebrauchsmuster, Design, Marke: Gewerblichen Rechtsschutz	S	2	3		3	
Scientific English	S	2		3		
German for students with German as a foreign language	S	2	3	3	3	
SUMME		2 - 6	3 - 9			

[E2.2] <i>Business sciences</i>	Wirtschaftswissenschaften	Wahlpflichtmodul	5-15 CP (insg.) = 150-450 h		3-9 SWS
			Kontaktstudium 3-9 SWS / 45-135 h	Selbststudium 105-315 h	
<b>Inhalte</b>					
<p><u>Vorlesung „Einführung in die Volkswirtschaftslehre“:</u> Analyse grundlegender ökonomischer Modelle; Algebraische und geometrische Modellanalyse; Märkte und Wirtschaftskreisläufe; Analyse internationaler Wirtschaftsbeziehungen</p> <p><u>Vorlesung „Accounting“:</u> Grundprinzipien und Technik der doppelten Buchführung; Anlage- und Umlaufvermögen, Verbindlichkeiten, Rückstellungen sowie Rechnungsabgrenzungsposten; Aufstellung und Prüfung des Jahresabschlusses (Bilanz und Gewinn- und Verlustrechnung)</p> <p><u>Vorlesung „Marketing 1“:</u> Theoretisch fundierter und dennoch praxisnaher Überblick über alle wesentlichen Bereiche, Aufgaben und Methoden des Marketings. Analyse von typischen praxisrelevanten Marketingproblemen und -herausforderungen, bei der ausgehend von einem konkreten Marketingziel zunächst eine umfassende Analyse und ein Verständnis der Ausgangssituation im Fokus stehen. Entwicklung von Marketingstrategien und instrumentelle Umsetzung im Marketing-Mix, deren Wirksamkeit anschließend im Hinblick auf die gesetzte Zielsetzung evaluiert wird.</p> <p><u>Vorlesung „Finanzen 1“:</u> Kapitalwertmethode zur Bewertung von Investitionsprojekten, Grundlagen der Portfoliotheorie nach Markowitz, Risiko-Rendite-Zusammenhang in Modellen (CAPM), Zentrale Elemente des einperiodigen Binomialmodells</p> <p><u>Vorlesung „Philosophie, Politik und Wirtschaft“:</u> Verhältnis von Ethik und Ökonomik; Theorien der Wirtschaftsethik Geschichte des ethischen und ökonomischen Denkens; Marktversagen und Wirtschaftspolitik; Staatsversagen und Unternehmensverantwortung; Moralität und Rationalität (Soziale Präferenzen, moralische Regeln, Ökonomie der Moral)</p> <p><u>Vorlesung „Mikroökonomik 1“:</u> Grundmodell der vollkommenen Konkurrenz; Haushaltstheorie; Unternehmenstheorie Marktgleichgewicht bei vollkommener und unvollkommener Konkurrenz; Monopolmärkte; Asymmetrische Information; Externalitäten</p>					
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>					
<p><u>Vorlesung „Einführung in die Volkswirtschaftslehre“:</u> Die Studierenden...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ...erlangen die für das Bachelorstudium notwendigen ökonomischen Grundlagen.</li> <li>- ...bekommen einen Überblick über die Teilbereiche der Wirtschaftswissenschaften.</li> <li>- ...durchdringen die Funktionsweisen von Märkten und Wirtschaftskreisläufen im nationalen und internationalen Kontext mit Hilfe von makroökonomischen und mikroökonomischen Analysen.</li> <li>- ...setzen sich mit der Rolle des Staates und der staatlichen Institutionen in einer Volkswirtschaft auseinander.</li> <li>- ...eignen sich im Rahmen des Tutoriums Kompetenzen zur Entwicklung von Lösungskonzepten zu Übungsaufgaben an.</li> </ul> <p><u>Vorlesung „Accounting“:</u> Die Studierenden...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ...kennen die Grundprinzipien und die Technik der doppelten Buchführung.</li> <li>- ...sind in der Lage (erfolgswirksame) Buchungen in einzelnen Vermögens- und Schuldpositionen, sowie den Erfolgskonten abzuwickeln.</li> <li>- ...kennen die gesetzlichen Anforderungen an die Buchführung und den Jahresabschluss.</li> <li>- ...beherrschen die Grundlagen des Jahresabschlusses, insbesondere zur Aufstellung der Bilanz und Gewinn- und Verlustrechnung.</li> <li>- ...erlangen die für das Bachelorstudium notwendigen Grundlagen in der Buchführung und Bilanzierung.</li> <li>- ...eignen sich im Rahmen des Tutoriums Kompetenzen zur Entwicklung von Lösungskonzepten zu Übungsaufgaben an.</li> </ul> <p><u>Vorlesung „Marketing 1“:</u> Die Studierenden...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ...kennen die grundlegenden Konzepte des Marketings und verstehen ihre Zusammenhänge,</li> <li>- ...können basale analytische Methoden zur fundierten Gestaltung von Marketingmaßnahmen anwenden,</li> <li>- ...können das gewonnene Fachwissen einordnen und auf die Praxis anwenden,</li> <li>- ...können Marketingzielsetzungen vor dem Hintergrund gesamtgesellschaftlicher Herausforderungen kritisch reflektieren.</li> </ul> <p><u>Vorlesung „Finanzen 1“:</u> Die Studierenden...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ...erlangen die für das Bachelorstudium notwendigen finanzwirtschaftlichen Grundlagen.</li> <li>- ...verfügen über ein grundlegendes Verständnis zur Bewertung sicherer und riskanter Zahlungsströme.</li> <li>- ...können das Risiko in Investitionsprojekten erfassen und moderne Finanzinstrumente bewerten.</li> <li>- ...erhalten Einblick in die unterschiedlichen Betrachtungsweisen der neo-klassischen und der institutionenökonomischen Finanztheorie.</li> <li>- ...eignen sich im Rahmen des Tutoriums Kompetenzen zur Entwicklung von Lösungskonzepten zu Übungsaufgaben an.</li> </ul> <p><u>Vorlesung „Philosophie, Politik und Wirtschaft“:</u> Die Studierenden...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ...besitzen fundiertes Wissen über das Verhältnis von Ethik und Ökonomik im Lichte jeweils verschiedener wirtschaftsethischer Konzeptionen sowie im Kontext relevanter Nachbardisziplinen.</li> <li>- ...können betriebs- und volkswirtschaftliche Probleme unter ethischen Aspekten angemessen reflektieren.</li> <li>- ...erkennen die Bedeutung von Politik für die Lösung wirtschaftlicher Probleme und die Bedeutung der Ökonomik für politische Fragen im Kontext von Institutionen bzw. Institutionenökonomik.</li> <li>- ...können Ideen und Anforderungen von Corporate Social Responsibility systematisch in ökonomisches Denken und Handeln integrieren und erkennen die Relevanz der Ökonomik und der Betriebswirtschaftslehre für die Lösung ethischer Probleme.</li> <li>- ...können Problemstellungen unter individual-, unternehmens- und ordnungsethischen Aspekten differenziert analysieren.</li> </ul>					

- ...können entsprechend ethisch und ökonomisch verantwortungsvoll entscheiden und handeln.
- Vorlesung „Mikroökonomik 1“: Die Studierenden...
- ...erlangen die für das Bachelorstudium notwendigen Grundlagen der Mikroökonomik.
  - ...kennen die grundlegenden ökonomischen Modelle der Mikroökonomik.
  - ...können mikroökonomische Modelle anwenden und Resultate ökonomisch deuten/interpretieren.
  - ...eignen sich ökonomische und formale Kompetenzen zur Entwicklung von Lösungskonzepten zu Übungsaufgaben an.

**Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls**

**Empfohlene Voraussetzungen**

keine

**Organisatorisches**

Importmodul, es gelten die Anmelde- und Rücktrittsfristen des FB02. Diese werden rechtzeitig vor Beginn bekannt gegeben (i.d.R. die ersten 7 Wochen der Vorlesungszeit). Genauer Angaben im jeweiligen QIS/LSF-Eintrag.

<b>Zuordnung des Moduls (Studiengang / Fachbereich)</b>	Module aus B.Sc. Wirtschaftswissenschaften / FB02
<b>Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge</b>	B.Sc. Chemie, M.Sc. Biochemie
<b>Häufigkeit des Angebots</b>	Jedes Semester
<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
<b>Modulbeauftragte / Modulbeauftragter</b>	Siehe QIS/LSF-Eintrag.
<b>Semesterbegleitende Nachweise</b>	
<b>Teilnahmenachweise</b>	Keine
<b>Leistungsnachweise / Studienleistung</b>	Keine
<b>Lehr- / Lernformen</b>	Vorlesung, Tutorium (Während des Tutoriums sind die Studierenden angehalten, Lösungskonzepte für Übungsaufgaben vorzustellen.)
<b>Unterrichts- / Prüfungssprache</b>	Deutsch

**Modulprüfung Form / Dauer / ggf. Inhalt**

<b>Modulabschlussprüfung bestehend aus:</b>	
<b>kumulative Modulprüfung bestehend aus:</b>	<p>Je Vorlesung Klausur (90 Min.) oder Portfolio, bestehend aus studienbegleitenden Teilleistungen wie etwa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Erstellung einer digitalen Leistung in Form einer Bild- oder Tonsequenz, beispielsweise eines Podcastes</li> <li>-Erstellung einer bildlichen oder graphischen Leistung (beispielsweise eine graphische Prozessdarstellung, Darstellung von Organisations- und Entscheidungs-strukturen o.ä.)</li> <li>-Erstellung einer computergestützten Leistung, beispielsweise in Form der Programmierung eines IT-Programms</li> <li>-darstellende (kreative Leistung)</li> <li>-Gruppenarbeit und deren gemeinsame Vorstellung</li> <li>-mündliche Vorträge</li> <li>-schriftliche Reflektion in Form eines Essays, eines Brainstormings</li> <li>-Bearbeitung/Einreichung von Übungsblättern</li> </ul> <p>Das Portfolio umfasst ca. 45 Stunden Bearbeitungszeit. Art und Umfang der einzelnen Elemente des Portfolios werden zu Beginn der Veranstaltung mitgeteilt.</p>

**Bildung der Modulnote bei kumulativen Modulprüfungen:** CP gewichtet Mittel

	LV-Form	SWS	Semester CP					
			1	2	3	4	5	6
Einführung in die Volkswirtschaftslehre (OVWL)	V + T	3					5	
Accounting (OACC)	V + T	3					5	
Marketing 1 (OMAR)	V + T	3					5	
Finanzen 1 (OFIN)	V + T	3					5	
Philosophie, Politik und Wirtschaft (OPPE)	V + T	3					5	
Mikroökonomik 1 (OMIK)	V + T	6					10	
<b>SUMME</b>		<b>3-9</b>					<b>5-15</b>	