

Modulkatalog Master of Science

728 Medical Photonics

PO-Version 2015

FRIEDRICH-SCHILLER-
UNIVERSITÄT
JENA

Inhaltsverzeichnis

	Erläuterung zum Modulkatalog	3
MedPhoA0.1	Mathematical Methods (Pre-course)	4
MedPhoA1.1	Mathematical Methods	6
MedPhoA1.2	Optical Engineering	8
MedPhoA1.3	Physical Chemistry	10
MedPhoA1.4	Human Biology I	12
MedPhoA2.1	Physical Optics	15
MedPhoA2.2	Light-Matter Interaction	17
MedPhoA2.3	Human Biology II	19
MedPhoF1.1	Image Processing I	21
MedPhoF2.1	Image Processing II - Image processing in microscopy	24
MedPhoF2.2	Biomedical Statistics	27
MedPhoP1	Practical Course	29
MedPhoP2	Research labwork	31
MedPhoS2.1	Advanced Mathematics	33
MedPhoS2.4	Dyes and Labels	35
MedPhoS2.5	Lasers in Medicine	37
MedPhoS2.8	Visual Recognition and Analysis	39
MedPhoS2.9	Management of Scientific Data	41
MedPhoS3.1	Biological Microscopy	43
MedPhoS3.2	Single-Molecule Microscopy	45
MedPhoS3.3	Electron Microscopy	47
MedPhoS3.5	Principles in Ophthalmology	49
MedPhoS3.6	Optical techniques in medical diagnosis and therapy	51
MedPhoS3.7	Theranostics	53
MedPhoS3.8	Optical Characterization of Biomaterials	55
MedPhoS3.9	Chemometrics	57
MedPhoS310	Microspectroscopy	59
MedPhoS311	Mass Spectrometry Imaging	61
MedPhoS312	Optical Sensors, Microfluidics	63
PAFM0120	Biomedical Imaging - Ionizing Radiation	65

PAFMO121	Biomedical Imaging - Non Ionizing Radiation	67
PAFMO160	Fiber Optics	69
PAFMO180	Image Processing	70
PAFMO183	Introduction to Nanooptics	71
PAFMO221	Microscopy	73
MedPhoM	Master thesis	74
	Abkürzungen	76

Hinweis : Hinweis: Prüfungen, den Prüfungen zugeordnete Lehrveranstaltungen sowie Prüfungstermine können in Friedolin unter dem Menüpunkt "Modulkataloge" eingesehen werden. Nach Login wählen Sie dazu bitte Abschluss, Studiengang und Modul. Unmittelbar eingearbeitete Änderungen werden dort zeitnah dargestellt.

Erläuterung zum Modulkatalog

Module Catalogue for the Master of Science (M.Sc.) Degree Program in Medical Photonics

This catalogue contains a description of the modules of the Master of Science degree program in Medical Photonics. The program comprises five blocks:

Adjustment : Modules of this block provide students with the necessary background knowledge in natural sciences (with focus on optics and physical chemistry) and basic knowledge in biology and medicine (with focus on anatomy and physiology). Courses in this block are to be taken depending on the background of the student. Not all modules need to be chosen.

Fundamentals : This block provides students with basic skills needed in all other courses. All modules are compulsory.

Specialization : This block comprises elective courses the student can select to focus in more depth on a special topic.

Practical training : In all semesters theoretical courses and exercises are complemented by practical training in student and research laboratories.

Master thesis : The master thesis can be completed in university or industry research laboratories.

The program is complemented by language and soft skills courses offered by the Graduate Academy of the Friedrich-Schiller-University Jena.

Modul MedPhoA0.1 Mathematical Methods (Pre-course)	
Modulcode	MedPhoA0.1
Modultitel (deutsch)	Mathematical Methods (Pre-course)
Modultitel (englisch)	Mathematical Methods (Pre-course)
Modul-Verantwortliche/r	Karl-Heinz LOTZE, Agnes SAMBALE, N.N. (Carl Zeiss professor)
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	none
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	The pre-course provides the theoretical basis for the module "Mathematical concepts and methods" (Module A1.1) and the module "Advanced Mathematics" (Module S2.1).
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	This pre-course is not mandatory. It is, however, strongly advised to students having a weak background in mathematics.
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	3 Wochen(n)
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	lectures: 20h/week (for 3 weeks) exercise: 20h/week (for 3 weeks)
Leistungspunkte (ECTS credits)	0 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	150 h
- Präsenzstunden	120 h
- Selbststudium	30 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	

Inhalte	• Functions - o concept of a function, graphical representations of functions - o trigonometric functions - o exponential, logarithmic and hyperbolic functions • Complex numbers - o Definition and properties of complex numbers - o Graphical representation of complex numbers - o Exponential form of complex numbers - o Operations with complex numbers • Vector algebra: - o Scalars and vectors - o addition and subtraction of vectors - o scalar and vector products - o basic matrix algebra - o physical applications • Conic sections • Differential calculus - o sequences and limits - o differentiation of a function - o curve sketching • Integral calculus - o Fundamental theorem of the differential and integral calculus - o The definite integral - o Methods of integration - o Applications: radioactive decay, Lambert-Beer's law • Power series • Other topics based on the student's needs
Lern- und Qualifikationsziele	Bachelor students of different disciplines have a different knowledge in mathematics depending on their education in school and their bachelor programme. This pre-course aims to review half-forgotten topics and complement the knowledge of the students, providing a foundation for the module "Mathematical concepts and methods" (Module A1.1).
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	none
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	none
Zusätzliche Informationen zum Modul	Used media: lectures: blackboard, projector exercise: pen, paper
Empfohlene Literatur	• Script given at the beginning of this pre-course • See list of books recommended for module A1.1
Unterrichtssprache	German / English

Modul MedPhoA1.1 Mathematical Methods	
Modulcode	MedPhoA1.1
Modultitel (deutsch)	Mathematical Methods
Modultitel (englisch)	Mathematical Methods (Pre-course)
Modul-Verantwortliche/r	Karl-Heinz LOTZE, Agnes SAMBALE, N.N. (Carl Zeiss professor)
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Good basic knowledge in mathematics. Students having a weak background in mathematics are strongly advised to visit the pre-course offered 3 weeks before the beginning of the winter term.
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	The module is part of the "Adjustment" block in the Medical Photonics program. This course provides the theoretical framework for other modules such as "Optical Engineering" (module A1.1) and "Physical Optics" (module A2.1).
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	This module is only mandatory for students of biology and medicine. It may be advised to students of chemistry having a weak background in mathematics. Students of physics having passed the corresponding modules during their studies do not need to participate at this course.
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	lectures: 2h/week exercises: 1h/week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	60 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	• Differentiation of functions of two and more variables - o Partial differentiation - o Total differentiation - o Taylor's theorem for many-variable functions - o Applications: Thermodynamic relations • Differential equations - o Concept and classification of differential equations - o General solution of first-order and second-order differential equations - o Applications of differential equations: harmonic oscillator

Lern- und Qualifikationsziele	The course focusses on basic mathematical concepts and methods. The intention of this course is to give the students enough background so that they can cope successfully with the mathematics required to treat problems in optics or physical chemistry. Mathematical concepts presented in this course will be complemented by the modules "Image Processing I+II" (Modules F1.1/F2.1) and "Biomedical Statistics" (Module F2.2).
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	regular participation at lectures and exercises, students must have earned in the exercises more than 50% of the available points
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written examination
Zusätzliche Informationen zum Modul	Used media lectures: blackboard, projector exercise: pen, paper
Empfohlene Literatur	• Script given at the beginning of the lecture • M.L. Boas: Mathematical Methods in the Physical Sciences. 3rd ed., John Wiley 2005. • K.F. Riley, M.P. Hobson: Essential Mathematical Methods for the Physical Sciences. Cambridge University Press 2011. • H. Schulz: Physik mit Bleistift: Das analytische Handwerkszeug der Naturwissenschaftler. • G.F. Simons: Calculus with Analytic Geometry, McGraw Hill 1996. • K. Weltner, S. John, W.J. Weber, P. Schuster, J. Grosjean: Mathematics for Physicists and Engineers. 2nd ed., Springer 2014
Unterrichtssprache	German / English

Modul MedPhoA1.2 Optical Engineering	
Modulcode	MedPhoA1.2
Modultitel (deutsch)	Optical Engineering
Modultitel (englisch)	Optical Engineering
Modul-Verantwortliche/r	Herbert Gross, Michael Kempe, Maria Dienerowitz
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	none
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	-
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	This module is part of the block „Adjustment” of the 1st semester.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	The module is mandatory for students not having a Bachelor degree in physics. Students of physics having passed the corresponding modules during their studies do not need to participate in this course.
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	lectures: 2h/week exercises: 1h/week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	• Introduction to optics • Geometrical optics: postulates of ray optics, paraxial optics, matrix approach, raytracing • Simple optical components: lenses, mirrors, stops • Wave optics: postulates of wave optics, relation between wave optics and ray optics • Optical imaging: field and pupil, magnification, lens maker's formula, afocal systems • Photometry and illumination, color • Optical instruments • Image quality: primary aberrations, wave aberrations, correction of systems • Beam optics: the Gaussian beam, transmission of a Gaussian beam through optical components, beam shaping • Optical properties of materials: metals, ceramics, glass, polymers and composites • Electromagnetic optics: electromagnetic theory of light, dielectric media, elementary electromagnetic waves, absorption and dispersion • Optical components II: Fibers, prisms, sensors, aspheres, arrays • Special topics: scanning, adaptive optics, gradient index optics

Lern- und Qualifikationsziele	This module provides an introduction into the fundamentals of optics and photonics which are necessary to understand optical phenomena in modern science and technology. Topics include an introduction into the theory of light (ray optics, wave optics, electromagnetic optics, photon optics), the theory of interaction of light with matter and the theory of semiconductor materials and their optical properties.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	none
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written examination at the end of the semester
Zusätzliche Informationen zum Modul	Used media: Lectures/excercises: blackboard, projector
Empfohlene Literatur	• E. Hecht: Optics, 4th ed., Addison-Wesley 2001 • B.E.A. Saleh, M.C. Teich: Fundamentals of Photonics 2nd ed., Wiley 2007.
Unterrichtssprache	English

Modul MedPhoA1.3 Physical Chemistry	
Modulcode	MedPhoA1.3
Modultitel (deutsch)	Physical Chemistry
Modultitel (englisch)	Physical Chemistry
Modul-Verantwortliche/r	Jürgen POPP, Michael SCHMITT, Rainer HEINTZMANN
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	none
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	This module is part of the block „Adjustment“ of the 1st semester.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	The module is mandatory for students not having a Bachelor degree in chemistry or physics. Students of chemistry or physics having passed the corresponding modules during their studies do not need to participate in this course.
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	lectures: 4h/week exercises: 2h/week
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	150 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	• Equilibrium thermodynamics: Properties of gases, first and second law of thermodynamics, chemical equilibrium, equilibrium electrochemistry • Transport phenomena: molecular motion in gases and liquids, diffusion, transport across biological membranes • Chemical reactions: chemical kinetics, rate laws, temperature dependence of reaction rates, relaxation methods, kinetics of complex reactions • Basics of quantum mechanics: wavefunctions and operators, particle in a box, harmonic oscillator, particle on a sphere, rigid rotator • Approximations: variational principle, Born-Oppenheimer approximation, linear combination of atomic orbitals (LCAO) method, Hartree-Fock, density functional theory (DFT)

Lern- und Qualifikationsziele	This module provides an introduction into the fundamentals of physical chemistry. Topics include equilibrium thermodynamics, chemical kinetics and an introduction into molecular quantum mechanics (techniques of approximation).
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	none
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written examination at the end of the semester
Zusätzliche Informationen zum Modul	Used media: blackboard, beamer, overhead projector, written supplementary material
Empfohlene Literatur	• Textbooks on physical chemistry: - o P.W. Atkins, J. de Paula: Physical Chemistry. 9th ed., OUP Oxford 2009. • Textbooks on molecular quantum mechanics: - o P.W. Atkins, R.S. Friedman: Molecular quantum mechanics. 5th ed., Oxford University Press 2010.
Unterrichtssprache	English

Modul MedPhoA1.4 Human Biology I	
Modulcode	MedPhoA1.4
Modultitel (deutsch)	Human Biology I
Modultitel (englisch)	Human Biology I
Modul-Verantwortliche/r	Christoph BISKUP, Klaus BENNDORF, Ralf MROWKA, Hans-Georg SCHAIBLE, Britta QUALMANN, N.N.
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	none
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	The module is part of the block "Adjustment" in the Medical Photonics program.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	The modules Human Biology I + II are mandatory for students not having a Bachelor degree in biomedical sciences. The modules may be advised to students having a Bachelor degree in biology. Students of medicine having passed the corresponding module during their studies do not need to participate at this course.
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	lectures: 4h/week exercise: 2h/week
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	150 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	

Inhalte

- **Histology + Cellular Physiology**
- cell morphology, tissue preparation, histochemistry, staining techniques
- cellular physiology (genetic control of protein synthesis, cell cycle, cell reproduction, apoptosis)
- types of tissues (classification, histogenesis of tissues, identification of tissues)
- morphology and properties of epithelial tissues, connective tissue, cartilage, bone, muscle tissue and nerve tissue
- membrane physiology (transport through membranes, membrane potentials, action potentials)
- skeletal muscle (structure, neuromuscular junction, excitation-contraction coupling, contraction cycle)
- smooth muscle (structure, nervous and hormonal control of smooth muscle contraction)
- blood, hemopoiesis
- **Macroscopic Anatomy**
- the skeleton (spine, skull, thorax, upper extremity, lower extremity, articulations)
- muscles
- vascular system
- nervous system (brain, spinal cord, cranial nerves, spinal nerves)
- **Histology, macroscopic anatomy and physiology of organ systems**
- cardiac physiology: ultrastructure and anatomy of the heart, action potential, excitatory and conductive system, heart sounds, electrocardiogram
- cardiovascular system: histology of arteries, capillaries, veins, interrelationships of pressure, flow and resistance, humoral and nervous control of the circulation, regulation of blood pressure and blood volume
- respiration: anatomy of nasal cavities, pharynx, larynx, trachea, bronchi, bronchioles, alveoli, mechanics of pulmonary ventilation, pulmonary volumes and capacities, alveolar ventilation, gas exchange, transport of oxygen and carbon dioxide in blood and tissue, regulation of respiration
- digestive system: anatomy and physiology of the oral cavity (tongue, teeth, salivary glands), esophagus, stomach, small intestine, colon, rectum, liver, gallbladder, pancreas, metabolism of carbohydrates, proteins and lipids)
- kidney and urinary system: histology and anatomy of the kidney, ureter, urinary bladder and urethra, renal physiology (renal blood flow, glomerular filtration, tubular reabsorption and secretion, regulation of extracellular fluid osmolarity and regulation of the extracellular volume, acid/base balance)
- endocrine organs: anatomy and physiology of the hypothalamus, pituitary gland, thyroid gland, parathyroid glands, adrenal glands
- skin: anatomy and physiology of the skin

Lern- und Qualifikationsziele	This course provides an introduction into the human anatomy and physiology. The medical histology part of the module will cover the microscopic structure of cells and tissues that make up the organ systems. In the macroscopic anatomy and physiology part of the course students will explore the major organ systems of the human body. Students will gain an understanding of their structure, how they function, and which role they play for the whole organism.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	none
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written examination at the end of the semester
Zusätzliche Informationen zum Modul	Used media: lectures: blackboard, projector exercises: microscope, fixed specimens, cadaveric preparations, experimental setups provided by the Institute of Physiology
Empfohlene Literatur	Microscopic and Macroscopic Anatomy • L.C. Junqueira, A.L. Mescher: Basic Histology: Text and Atlas. 12th ed., 2009. • R.L. Drake, W. Vogl, A.W.M. Mitchell: Gray's Anatomy for students. 2nd ed., ChurchillLivingstone 2009. Physiology • W.F. Boron, E.L. Boulpaep: Medical Physiology. 2nd ed., Saunders/ Elsevier, 2012. • A.C. Guyton, J.E. Hall: Textbook of Medical Physiology. 12th ed., Saunders 2010 • E.R. Kandel, J.H. Schwartz, T. Jessell: Principles of neural science. 4th ed., McGrawHill 2000.
Unterrichtssprache	English

Modul MedPhoA2.1 Physical Optics	
Modulcode	MedPhoA2.1
Modultitel (deutsch)	Physical Optics
Modultitel (englisch)	Physical Optics
Modul-Verantwortliche/r	Herbert GROSS, Maria DIENEROWITZ, N.N. (Carl Zeiss professor), N.N. (PAF)
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	none
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	This module is part of the block „Adjustment“ of the 2nd semester.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	The module is mandatory for students not having a Bachelor degree in physics. Students of physics having passed the corresponding modules during their studies do not need to participate in this course.
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	lectures: 2h/week exercises: 1h/week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	• Coherence, interference, polychromatic light • Fourier optics: propagation of light in free space, optical Fourier transform • Diffraction, point spread function, modulation transfer function • Physical image formation, phase imaging • Image quality and resolution • Polarization and crystal optics: polarization of light, reflection and refraction, optics of anisotropic media, polarization devices • Photon optics: energy and momentum of a photon, time-energy uncertainty, photon streams, photon statistics • Diffracting components: gratings, diffractive optical elements (DOEs), arrays • PSF engineering, superresolution, extended depth of focus • Scattering and tissue optics

Lern- und Qualifikationsziele	Together with module A1.2 this module provides an introduction into the fundamentals of optics and photonics which are necessary to understand optical phenomena in modern science and technology. Topics include an introduction into the theory of light (ray optics, wave optics, electromagnetic optics, photon optics), the theory of interaction of light with matter and the theory of semiconductor materials and their optical properties.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	none
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written examination at the end of the semester
Zusätzliche Informationen zum Modul	Used media: Lectures/excercises: blackboard, projector
Empfohlene Literatur	• E. Hecht: Optics, 4th ed., Addison-Wesley 2001 • B.E.A. Saleh, M.C. Teich: Fundamentals of Photonics 2nd ed., Wiley 2007.
Unterrichtssprache	English

Modul MedPhoA2.2 Light-Matter Interaction	
Modulcode	MedPhoA2.2
Modultitel (deutsch)	Light-Matter Interaction
Modultitel (englisch)	Light-Matter Interaction
Modul-Verantwortliche/r	Juergen POPP, Michael SCHMITT, Rainer HEINTZMANN
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	none
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	This module is part of the block „Adjustment“ of the 2nd semester.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	The module is mandatory for students not having a Bachelor degree in chemistry or physics. Students of chemistry or physics having passed the corresponding modules during their studies do not need to participate in this course.
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	lectures: 2h/week exercises: 1h/week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	• Basic principles light-matter interaction: energy levels of atoms and molecules, energy bands in solid state materials, occupation of energy levels in thermal equilibrium, electrical properties of matter, dipole moment, polarisation, refractive index, electromagnetic radiation, classical dispersion theory, light scattering • Introduction into molecular spectroscopy: basic principles of the interaction of photons with atoms and molecules (selection rules, transition dipole moment, line width), microwave absorption spectroscopy, infrared absorption spectroscopy, UV/Vis absorption (Franck-Condon principle, electronic chromophores), fluorescence spectroscopy

Lern- und Qualifikationsziele	This module provides an introduction into the fundamentals of physical chemistry, which are necessary to understand modern spectroscopy. Topics include an introduction into molecular transitions, UV/Vis absorption spectroscopy, fluorescence spectroscopy, basic concepts of vibrational and rotational spectroscopy
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	none
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written examination at the end of the semester
Zusätzliche Informationen zum Modul	Used media: blackboard, beamer, overhead projector, written supplementary material
Empfohlene Literatur	• Textbooks on physical chemistry: - o P.W. Atkins, J. de Paula: Physical Chemistry. 9th ed., OUP Oxford 2009. • Textbooks on molecular quantum mechanics: - o P.W. Atkins, R.S. Friedman: Molecular quantum mechanics. 5th ed., Oxford University Press 2010.
Unterrichtssprache	English

Modul MedPhoA2.3 Human Biology II	
Modulcode	MedPhoA2.3
Modultitel (deutsch)	Human Biology II
Modultitel (englisch)	Human Biology II
Modul-Verantwortliche/r	Hans-Georg SCHAIBLE, Andrea EBERSBERGER, Christoph BISKUP, Ralf MROWKA
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	none
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	The module is part of the block "Adjustment" in the Medical Photonics program.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	The modules Human Biology I + II are mandatory for students not having a Bachelor degree in biomedical sciences. The modules are recommended to students having a Bachelor degree in biology. Students of medicine having passed the corresponding modules during their studies do not need to participate in this course.
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	lectures: 2h/week exercises: 1h/week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	

Inhalte	Histology, macroscopic anatomy and physiology of the nervous system • nerve, synapse, neurotransmitters • organization of the nervous system • autonomous nervous system • sensory physiology (sensory receptors, somatic sensations, pain) • vision (optics of the eye, photochemistry of vision, visual pathways) • hearing (tympanic membrane and ossicular system, cochlea, hearing pathways) • chemical senses (sense of taste, sense of smell) • motoric system (motoric functions of the spinal cord, cortical and brain stem control of motor function, cerebellum, basal ganglia) • limbic system, emotions • states of brain activity (eeg, sleep, epilepsy) • cerebral blood flow • endocrinology (general principles, hypothalamus, pituitary gland, thyroid hormones, adrenocortical hormones, insulin, glucagon, parathyroid hormone, calcitonin, vitamin D)
Lern- und Qualifikationsziele	This course provides together with the Physiology I module an introduction into the human anatomy and physiology. The focus of this module is on neurophysiology.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	none
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written examination at the end of the semester
Zusätzliche Informationen zum Modul	Used media: lectures: blackboard, projector exercise: experiments provided by the Institute of Physiology
Empfohlene Literatur	See Module A1.4 for a detailed list of recommended textbooks
Unterrichtssprache	English

Modul MedPhoF1.1 Image Processing I	
Modulcode	MedPhoF1.1
Modultitel (deutsch)	Image Processing I
Modultitel (englisch)	Image Processing I
Modul-Verantwortliche/r	N.N. (Carl Zeiss professor), Christoph BISKUP, Rainer HEINTZMANN
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	none
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	The module is part of the "Fundamentals" module in the Medical Photonics program. Skills taught in this module are a prerequisite for other modules such as Image processing II.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	The module is mandatory for all students.
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	lectures: 2h/week exercises: 1h/week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	

Inhalte**Introduction to MATLAB**

- MATLAB desktop environment
- Scalar variables and assignment statements
- Arrays (vectors, matrices), array indexing, operations with arrays
- Data structures
- MATLAB scripts
- saving and loading data, importing and exporting data
- selection statements, loop statements
- debugging techniques
- advanced topics: plotting techniques, basic statistics, curve fitting, numerical analysis, symbolic math

Introduction into mathematical concepts and numerical methods

- Matrices
 - o Definitions
 - o Matrix operations
 - o Determinants
- Numerical analysis
 - o Interpolation and extrapolation
 - o Numerical integration of functions
 - o Numerical evaluation of functions
- Fourier transformation
 - o Fourier series, Fourier integrals
 - o Laplace transforms
 - o The discrete Fourier transform
 - o The fast Fourier transform
 - o Applications: the impulse response, the transfer function

Introduction to image processing

- Analog and digital image acquisition
- Mathematics of image formation
- Image formats: colour spaces, image data types, image compression, handling images in MATLAB
- Image enhancement in the spatial domain: basic gray level transformations, histogram processing, neighborhood processing / spatial filtering
- Image enhancement in the frequency domain: Introduction to the Fourier transformation, filtering in the frequency domain
- Image restoration: noise models, image degradation models, inverse filtering, geometric distortions, image registration
- Morphological image processing: basic concepts, dilation and erosion, opening and closing, filling holes
- Image segmentation: detection of discontinuities, thresholding, region-based segmentation, watershed segmentation

Lern- und Qualifikationsziele	MATLAB is a high-level language and interactive environment for numerical computation, visualization, and programming. This course will give an introduction into MATLAB and its toolboxes which will be used by other modules of this master program. At the same time mathematical knowledge taught in module A1.1 will be complemented. By using MATLAB the student will train some of the key concepts of digital image processing. The foundation developed in this course will be the basis for further studies in this field.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	regular participation at lectures and exercises
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written or oral examination
Zusätzliche Informationen zum Modul	Used media: lectures: blackboard, projector exercise: image processing with MATLAB at workstations of the computer pool
Empfohlene Literatur	• R.C. Gonzales, R.E. Woods: Digital image processing. 5th ed., Pearson Education 2008. • R.C. Gonzales, R.E. Woods, S.L. Eddins: Digital image processing using MATLAB. Pearson Education 2004. • C. Solomon, T. Breckon: Fundamentals of digital image processing. Wiley-Blackwell 2001.
Unterrichtssprache	English

Modul MedPhoF2.1 Image Processing II - Image processing in microscopy	
Modulcode	MedPhoF2.1
Modultitel (deutsch)	Image Processing II - Image processing in microscopy
Modultitel (englisch)	Image Processing II - Image processing in microscopy
Modul-Verantwortliche/r	N.N. (Carl Zeiss professor), Rainer HEINTZMANN, Christoph BISKUP
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	The student needs to have completed the course "Mathematical Methods" (Module A 1.1) and "Image Processing I" (Module F 1.1). He/she should be familiar with MATLAB and basic concepts of image processing taught in the module F1.1.
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	The module is part of the "Fundamentals" block in the Medical Photonics program.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	The module is mandatory for all students.
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	lectures: 2h/week exercise: 1h/week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	

Inhalte	Introduction into advanced topics of image processing with focus on microscopic image processing • Image acquisition on the stage of a microscope • Toolboxes for processing of microscopic images: ImageJ, MATLAB, DIPImage • Mathematics of microscopic image formation: point spread function, convolution • Deconvolution: reconstruction of 3-dimensional images • Denoising: noise models, filtering of microscopic images • Segmentation of microscopic images • Image registration: correction of geometric distortions, artefacts caused by moving objects • Evaluation of multidimensional data: time-series, spectrally resolved measurements, fluorescence lifetime measurements • Introduction into mathematical concepts • Sampling theory • Fitting models to data - o Linear regression, Non-linear regression - o Weighting of data points - o Interpreting the results: confidence intervals of the parameters, comparing models - o Optimizing the results: constraining the fit • Other topics based on the student's needs
Lern- und Qualifikationsziele	Current microscopy techniques often acquire a large amount of image data, based on which the researcher needs to answer very specific questions. This course focusses on algorithms used to extract information from microscopic images. A major topic is the reconstruction of the sample from the acquired, often complex microscopy data. To solve such inverse problems, a good model of the data acquisition process is required, ranging from assumptions about the sample, assumptions about the imaging process (e.g. the existence of an incoherent spatially invariant point spread function) to modeling the noise characteristics of the detection process (e.g. photon shot noise and read noise). All the image processing algorithms and simulations will be practiced in exercises using MATLAB and the free image processing toolbox "DIPImage" (www.diplib.org). At the same time mathematical knowledge taught in module A1.1 will be complemented.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	regular participation at lectures and exercises
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written or oral examination
Zusätzliche Informationen zum Modul	Used media: lectures: blackboard, projector exercises: image processing with MATLAB at workstations of the computer pool

Empfohlene Literatur	• R.C. Gonzales, R.E. Woods: Digital image processing. Pearson Education 2008. • R.C. Gonzales, R.E. Woods, S.L. Eddins: Digital image processing using MATLAB. Pearson Education 2004. • C. Solomon, T. Breckon: Fundamentals of digital image processing. Wiley-Blackwell 2001. • List of publications provided at the beginning of the course.
Unterrichtssprache	English

Modul MedPhoF2.2 Biomedical Statistics	
Modulcode	MedPhoF2.2
Modultitel (deutsch)	Biomedical Statistics
Modultitel (englisch)	Biomedical Statistics
Modul-Verantwortliche/r	Lutz LEISTRITZ, Katrin SCHIECKE
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	none
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	The module is part of the "Fundamentals" module in the Medical Photonics program. Skills taught in this module are a prerequisite for other modules.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	The module is mandatory for all students.
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	lectures: 2h/week exercises: 2h/week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	60 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	The lecture course imparts basics, fundamental terms, and conditions of biomedical data analysis. The following subjects are concerned: fundamentals of the theory of probabilities, fundamental terms of epidemiology, descriptive statistics, diagnostic tests, random variables, particular probability distributions, estimations, statistical tests, multiple testing, bootstrapping, correlation, regression, design and execution of experiments. Exercises are given in groups of ten to twenty students by involving the statistical software SPSS. This group size enables each student to use an own workstation during the course.
Lern- und Qualifikationsziele	The students learn basic principles of mathematical statistics and are familiarized with statistical thinking. The students will be enabled to apply statistical methods to biomedical data.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	regular participation in exercises
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written examination

Zusätzliche Informationen zum Modul	Used media: lectures: blackboard, projector exercises: seminars and practical SPSS courses at computers of the computer pool
Empfohlene Literatur	References will be given at the beginning of the course.
Unterrichtssprache	English

Modul MedPhoP1 Practical Course	
Modulcode	MedPhoP1
Modultitel (deutsch)	Practical Course
Modultitel (englisch)	Practical Course
Modul-Verantwortliche/r	• Optics: N.N. (PAF) • Physical chemistry: Jürgen POPP, Michael SCHMITT • Physiology: Christoph BISKUP
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	none
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	Module in the 1st and 2nd semester of the Medical Photonics program.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Compulsory module
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	2 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Practical course
Leistungspunkte (ECTS credits)	12 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	360 h
- Präsenzstunden	- h
- Selbststudium	- h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Experiments of this practical course cover a broad range of topics, including: • Optics: basic optical phenomena, optical elements, laser fundamentals • Physical Chemistry with special focus on light matter interaction: UV/Vis-absorption spectroscopy, fluorescence spectroscopy and vibrational spectroscopy • Physiology: selected experiments introducing into the of physiology and pharmacology
Lern- und Qualifikationsziele	The course provides an introduction to experimental techniques in optics, physical chemistry and medicine. The students gain experience in planning, preparing and executing experiments. Students are expected to analyze the data generated in the experiments and to present the results in a written report.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	regular labwork

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Every student has to carry out 8 of the 9 experiments offered in the module and submit a written report. Similar experiments performed during the bachelor course can be recognized. The decision will be based on the student's transcript and a personal interview.
Zusätzliche Informationen zum Modul	specified by the instructor
Empfohlene Literatur	Prepared electronic material describing the labs and experiments. The material can be downloaded from the Medical Photonics homepage.
Unterrichtssprache	English

Modul MedPhoP2 Research labwork	
Modulcode	MedPhoP2
Modultitel (deutsch)	Research labwork
Modultitel (englisch)	Research labwork
Modul-Verantwortliche/r	N.N.
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	completion of the modules in the first two semesters
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	Module in the 3rd semester of the Medical Photonics program.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Compulsory module
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Practical course
Leistungspunkte (ECTS credits)	18 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	540 h
- Präsenzstunden	- h
- Selbststudium	- h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Internship in a research laboratory
Lern- und Qualifikationsziele	The aim of this module is to apply the knowledge and skills acquired during the first two semesters of the master's program to a specific research project. This includes: • carrying out a scientific project in medical photonics • analysis of the experimental results • preparation of a scientific report • presentation of the results in a written report
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	regular labwork
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written report (approximately 20-30 pages) + oral presentation of the results The final grade will be determined on the performance during the research project (33%), the written report (33 %) and the presentation (33 %).

Zusätzliche Informationen zum Modul	Used media: specified by the instructor Work load Total work load: 540 h Depending on the topic this work load should be splitted as follows: • 150 h introduction to the research topic, study of relevant literature • 270 h research work • 100 h preparation of the final report/thesis • 20 h preparation of the presentation
Empfohlene Literatur	specified by the instructor
Unterrichtssprache	English

Modul MedPhoS2.1 Advanced Mathematics	
Modulcode	MedPhoS2.1
Modultitel (deutsch)	Advanced Mathematics
Modultitel (englisch)	Advanced Mathematics
Modul-Verantwortliche/r	Karl-Heinz LOTZE, Agnes SAMBALE, N.N. (Carl Zeiss professor)
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	solid background in mathematics, successful completion of the module "Mathematical methods" (module A1.1)
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	The module is part of the "Specialization" block in the Medical Photonics program.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	This module can be elected out of the list of offered modules in the 2nd semester according to the student's education objectives.
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	lectures: 2h/week exercises: 2h/week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	60 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	• Differential equations (Cont.) - o Laplace Transforms • Multiple integrals - o Methods of integration • Vector analysis - o Line, surface and volume integrals - o Flow of a vector field through a surface element - o Computing surface and volume integrals
Lern- und Qualifikationsziele	This course continues the training in mathematical concepts and methods given in module A1.1. The intention of this course is to give the students a broader background in mathematics so that they can cope successfully with the mathematics required to treat advanced problems in optics or physical chemistry.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	regular participation at lectures and exercises, students must have earned in the exercises more than 50% of the available points
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written examination

Zusätzliche Informationen zum Modul	Used media: lectures: blackboard, projector exercise: pen, paper
Empfohlene Literatur	• Script given at the beginning of the lecture • M.L. Boas: Mathematical Methods in the Physical Sciences. 3rd ed., John Wiley 2005. • K.F. Riley, M.P. Hobson: Essential Mathematical Methods for the Physical Sciences. Cambridge University Press 2011. • H. Schulz: Physik mit Bleistift: das analytische Handwerkszeug der Naturwissenschaftler. • G.F. Simons: Calculus with Analytic Geometry, McGraw Hill 1996. • K. Weltner, S. John, W.J. Weber, P. Schuster, J. Grosjean: Mathematics for Physicists and Engineers. 2nd ed., Springer 2014
Unterrichtssprache	German / English

Modul MedPhoS2.4 Dyes and Labels	
Modulcode	MedPhoS2.4
Modultitel (deutsch)	Dyes and Labels
Modultitel (englisch)	Dyes and Labels
Modul-Verantwortliche/r	Rainer BECKERT, Dieter WEISS, Christoph BISKUP, Ulrich Sigmar SCHUBERT
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	none
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	This module is part of the block "Specialization" in the 2nd semester of the Medical Photonics program.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	This module can be elected out of the list of offered modules in the 2nd semester according to the student's education objectives.
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	lectures: 2h/week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	30 h
- Selbststudium	90 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	

Inhalte	• Introduction to pigments, dyes and fluorochromes - o Definition, physical and chemical properties of pigments, dyes and fluorochromes - o Nomenclature and classification of pigments, dyes and fluorochromes - o Dye purity and dye standardization • Biomedical applications - o Overview of applications - o Mechanism of biological staining • Reactive staining reagents and fluorescent labels - o Principles and strategies - o Bonding mechanisms to biological materials: functional targets, chemistry of reactive groups • Indicators - o Measurement principles of pH-, ion, redox and potential sensitive indicators - o Pitfalls - o Ratiometric measurements - o Nanosensors • Bioconjugate techniques
Lern- und Qualifikationsziele	The purpose of staining in microscopy is to label microscopic structures and to add contrast to the specimen. This course introduces the student to staining techniques, the chemical nature of dyes and fluorescent labels.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	none
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written examination
Zusätzliche Informationen zum Modul	Used media: blackboard, projector, specimens & dyes for the practical part of the course
Empfohlene Literatur	• H. Zollinger: Color chemistry: Syntheses, properties, and applications of organic dyes and pigments. 3rd ed. Helvetica Chimica Acta 2003. • R.W. Horobin, J.A.Kiernan: Conn's biological stains. 10th ed. Taylor & Francis 2002. • G.T. Hermanson: Bioconjugate techniques. 2nd ed. Academic Press 2008. • list of publications given during the lecture
Unterrichtssprache	German / English

Modul MedPhoS2.5 Lasers in Medicine	
Modulcode	MedPhoS2.5
Modultitel (deutsch)	Lasers in Medicine
Modultitel (englisch)	Lasers in Medicine
Modul-Verantwortliche/r	N.N. (PAF)
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	none
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	This module is part of the module "Specialization" in the 2nd semester of the Medical Photonics program.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	This module can be elected out of the list of offered modules in the 2nd semester according to the student's education objectives.
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	lectures: 2h/week exercises: 1h/week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	• Laser systems for the application in medicine • Beam guiding systems and optical medical devices • Optical properties of tissue • Thermal properties of tissue • Photochemical interaction • Vaporisation/coagulation • Photoablation • Photodisruption, nonlinear optics • Laser-based imaging • Clinical applications • Nanophotonics in medicine
Lern- und Qualifikationsziele	The students will be introduced to the basic mechanisms of laser-tissue interactions. Different laser technologies will be presented. Their application in different fields of clinical medicine and diagnostics will be discussed.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	none
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written or oral examination, depending on the number of students participating in the course

Zusätzliche Informationen zum Modul	Used media: lectures: blackboard, projector exercises: pdfs of publications
Empfohlene Literatur	• A.J. Welch, M.J.C. van Gemert: Optical-thermal response of laser irradiated tissue. 2nd ed. Springer 2011 • M.H. Niemz: Laser-tissue interactions: Fundamentals and applications. 3rd ed., Springer 2003. • H.P. Berlien, H. Breuer, G.J. Müller, N. Krasner, T. Okunata, D. Sliney: "Applied Laser Medicine" Springer 2003. • list of publications given during the lecture
Unterrichtssprache	English

Modul MedPhoS2.8 Visual Recognition and Analysis	
Modulcode	MedPhoS2.8
Modultitel (deutsch)	Visual Recognition and Analysis
Modultitel (englisch)	Visual Recognition and Analysis
Modul-Verantwortliche/r	Erik RODNER
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Fundamental knowledge in mathematics taught in the modules A 0.1 and A1.1. MATLAB programming skills taught in module F1.1.
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	This module is part of the block "Specialization" in the 2nd semester of the Medical Photonics program.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	This module can be elected out of a list of offered modules according to the students education objectives
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	lectures: 1h/week exercises: 2h/week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	• Brief summary of basic machine learning techniques (nearest neighbour, SVM) • Local and high-level global descriptors (histograms of gradient orientations, dictionary learning, sparse coding) • Image categorization with supervised and unsupervised methods (large-scale learning, efficient global features, clustering) • Localization with sliding window methods (Haar-like features, boosting, random forests, feature maps and convolution) • Semantic segmentation (convolutional neural networks, available toolboxes, exercises based on medical data and counting tasks)
Lern- und Qualifikationsziele	This course introduces to advanced visual recognition techniques, which are important to analyze image and sensor data automatically. Students will learn about the challenges in the area and about various techniques that can be used to localize and analyze structures and objects of interest in visual data.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	none
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written or oral examination at the end of the semester (as announced in the lecture)

Zusätzliche Informationen zum Modul	Used media: lectures: blackboard, projector exercises: visual recognition with MATLAB
Empfohlene Literatur	• H. Süße, E. Rodner: Bildverarbeitung und Objekterkennung, Springer-Vieweg 2014 • R. Szeliski: Computer Vision: Algorithms and Applications, Springer 2011 (free online version available) • list of publications given in the lectures
Unterrichtssprache	English

Modul MedPhoS2.9 Management of Scientific Data	
Modulcode	MedPhoS2.9
Modultitel (deutsch)	Management of Scientific Data
Modultitel (englisch)	Management of Scientific Data
Modul-Verantwortliche/r	Birgitta KÖNIG-RIES
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	none
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	This module is part of the block "Specialization" in the 2nd semester of the Medical Photonics program.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	This module can be elected out of a list of offered modules according to the students education objectives
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	lectures: 2h/week exercises: 2h/week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 60 h 60 h
Inhalte	The course follows the data lifecycle and explores challenges, solutions and open problems of the individual steps, including: • overview of the data lifecycle: data collection, quality assurance, data storage and preservation, data analysis and visualization, data publication, data discovery, data reuse and hypothesis generation • cross-cutting topics covered include: Metadata standards and ontologies, scientific workflow management, persistent identifiers for data, data provenance and versioning.
Lern- und Qualifikationsziele	Learning objectives of this module are to introduce students to the stages of the data life cycle in various disciplines. They will gain experience with typical tools supporting the individual steps and be able to plan and perform data management for scientific projects.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	regular and active participation at exercises, students must have earned in the exercises more than 50% of the available points

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written or oral examination at the end of the semester (as announced at the beginning of the course)
Zusätzliche Informationen zum Modul	Used media: lectures: blackboard, projector exercises: workstations of the computer pool
Empfohlene Literatur	• list of publications given in the lectures and exercises
Unterrichtssprache	English

Modul MedPhoS3.1 Biological Microscopy	
Modulcode	MedPhoS3.1
Modultitel (deutsch)	Biological Microscopy
Modultitel (englisch)	Biological Microscopy
Modul-Verantwortliche/r	Christoph BISKUP, Klaus BENNDORF, Knut HOLTHOFF, Knut KIRMSE, Ralf MROWKA, Eva NEUHAUS, Ralf SCHMAUDER, Stefan SCHULZ, Ralf STUMM
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	none
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	This module is part of the block "Specialization" in the 3rd semester of the Medical Photonics program.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	This module can be elected out of the list of offered modules in the 3rd semester according to the student's education objectives.
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	lectures: 2h/week exercises: 1h/week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	

Inhalte	• Biological model systems • Microscopy of living cells • Specimen preparation • Fluorophores for biological imaging - o Biological stains - o Fluorescent labels, labelling strategies - o Fluorescent indicators - o Fluorescent analogues of biomolecules - o Genetically expressed intracellular indicators - o Photophysical problems, signal optimization • Manipulation of cells and tissues with optical tools - o Caged compounds - o Photochromic switches - o Optogenetics • Applications in physiological and pharmacological research - o Measuring Ca^{2+} transients - o Real-time imaging of cAMP signaling of endogenous GPCRs - o High-resolution microscopy of signalling proteins in olfactory cilia - o Life imaging of neuronal migration - o Confocal patch clamp fluorometry
Lern- und Qualifikationsziele	--
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	none
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written or oral examination, depending on the number of students participating in the course
Zusätzliche Informationen zum Modul	Used media: lectures: blackboard, projector exercise: study
Empfohlene Literatur	• Textbooks and handbooks - o J.B. Pawley: Handbook of biological confocal microscopy. 3rd ed. Springer 2006. • List of publications provided at the beginning of the course.
Unterrichtssprache	English

Modul MedPhoS3.2 Single-Molecule Microscopy	
Modulcode	MedPhoS3.2
Modultitel (deutsch)	Single-Molecule Microscopy
Modultitel (englisch)	Single-Molecule Microscopy
Modul-Verantwortliche/r	Michael BÖRSCH, Ralf SCHMAUDER
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Fundamental knowledge in microscopy taught in module S 2.3
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	This module is part of the block "Specialization" in the 3rd semester of the Medical Photonics program.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	This module can be elected out of the list of offered modules in the 3rd semester according to the student's education objectives.
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	lectures: 2h/week exercises: 1h/week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	• Single-molecule imaging • Fluorophore labelling for single-molecule fluorescence microscopy • Single-molecule tracking • Single-molecule FRET • Single-molecule studies of molecular rotors • Fluorescence correlation spectroscopy
Lern- und Qualifikationsziele	In conventional microscopy experiments fluorescence data are acquired from a large number of molecules. Since many molecules are interrogated simultaneously, their properties are averaged out. In contrast to this single-molecule experiments provide access to an incredible wealth of information. This course gives an introduction to single-molecule techniques and the analysis of the data.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	none
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	oral examination

Zusätzliche Informationen zum Modul	Used media: lectures: blackboard, projector exercise: image processing with MATLAB at workstations of the computer pool
Empfohlene Literatur	• List of publications provided at the beginning of the course.
Unterrichtssprache	English

Modul MedPhoS3.3 Electron Microscopy	
Modulcode	MedPhoS3.3
Modultitel (deutsch)	Electron Microscopy
Modultitel (englisch)	Electron Microscopy
Modul-Verantwortliche/r	Martin WESTERMANN, Sandor NIETSCHE, Klaus JANDT, Stephanie HÖPPENER, Ulrich Sigmar SCHUBERT
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Fundamental knowledge in microscopy taught in module S 2.3.
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	This module is part of the block "Specialization" in the 3rd semester of the Medical Photonics program.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	This module can be elected out of the list of offered modules in the 3rd semester according to the student's education objectives.
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	lectures: 2h/week exercises: 1h/week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	• History • Principles & theories • Instrumentation - o Transmission electron microscopy (TEM) - o Scanning electron microscopy (SEM) - o Electron microprobe analysis - o Correlative light and electron microscopy • Electron microscopy of biological samples - o Processing of tissue specimens: Fixation – Washing and dehydration – Infiltration and embedding – sectioning – staining - o Processing of cell cultures - o Cryotechniques, freeze fracture electron microscopy - o Immunelectron microscopy - o Artifacts in electron microscopy • Electron microscopy of biomaterials • Electron microscopy of polymers
Lern- und Qualifikationsziele	This module provides an introduction into the fundamentals of electron microscopy.

Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	None
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written examination at the end of the semester
Zusätzliche Informationen zum Modul	Used media: Lectures/exercises: blackboard, projector
Empfohlene Literatur	• Textbooks and handbooks - o D.B. Murphy, M.W. Davidson: Fundamentals of light microscopy and electronic imaging. 2nd ed., Wiley Blackwell 2013. - o R.F. Egerton: Physical principles of electron microscopy. Springer 2005
Unterrichtssprache	English

Modul MedPhoS3.5 Principles in Ophthalmology	
Modulcode	MedPhoS3.5
Modultitel (deutsch)	Principles in Ophthalmology
Modultitel (englisch)	Principles in Ophthalmology
Modul-Verantwortliche/r	N.N. (Med), Martin HAMMER, N.N. (PAF)
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	knowledge taught in modules Human Biology (A1.4 + A2.3), Optical Engineering (A1.2) and Physical Optics (A2.1) or equivalent modules
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	This module is part of the block "Specialization" in the 3rd semester of the Medical Photonics program.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	This module can be elected out of the list of offered modules in the 3rd semester according to the student's education objectives.
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	lectures: 2h/week exercises: 1h/week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	

Inhalte	• Anatomy and physiology of the eye - o optical properties of the eye, image formation in the eye - o photoreception in the retina - o signal processing in the retina - o central visual pathways • Ophthalmic instrumentation • Clinical ophthalmology - o Cornea and ocular surface diseases: pathophysiology, corneal surgery - o Refraction errors: testing of refraction, lenses, refractive surgery - o Cataract: pathophysiology, cataract surgery - o Glaucoma: diagnosis, treatment, laser therapy used in the treatment of glaucoma - o Retina: - pathophysiology of diseases of the retina: - vascular disorders: arterial obstruction, ischemia, hypertensive retinopathy, diabetic retinopathy - macular disorders: age-related macular degeneration, optic nerve and macular abnormalities - retinal detachment - diagnostic procedures: - angiography - optical coherence tomography imaging - principles of retinal surgery
Lern- und Qualifikationsziele	After revising the anatomy and physiology of the eye, which is introduced in module A2.3, this course will discuss the pathophysiology and treatment of diseases of the eye. Emphasis will be laid on optical instruments and optical methods used for diagnosis and treatment.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	none
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written or oral examination, depending on the number of students participating in the course
Zusätzliche Informationen zum Modul	Used media: lectures: blackboard, projector exercises: pdfs of publications
Empfohlene Literatur	• Textbooks of physiology (see description for the modules Human Biology I + II) • M. Yanoff, J.S. Duker, .J. Augsburger: Ophthalmology, 3rd ed., Mosby 2008. • G. Smith, D.A. Atchison: The eye and visual optical instruments. Cambridge University Press 1997. • list of publications given during the lecture
Unterrichtssprache	English

Modul MedPhoS3.6 Optical techniques in medical diagnosis and therapy	
Modulcode	MedPhoS3.6
Modultitel (deutsch)	Optical techniques in medical diagnosis and therapy
Modultitel (englisch)	Optical techniques in medical diagnosis and therapy
Modul-Verantwortliche/r	Martin KAATZ, Orlando GUNTINAS-LICHIUS, Andreas STALLMACH, N.N. (Med.)
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	knowledge taught in modules Human Biology (A1.4 + A2.3) and Optical Engineering (A1.2) or equivalent modules
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	This module is part of the block "Specialization" in the 3rd semester of the Medical Photonics program.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	This module can be elected out of the list of offered modules in the 3rd semester according to the student's education objectives.
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	lectures: 2h/week exercises: 1h/week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	

Inhalte	• Biophotonic techniques for structural and functional imaging in vivo - o Microscopes - o Endoscopes (principles, designs, accessoires, applications) - o Confocal laser scanning endomicroscopy - o Light sources - o Laser technology - o Procedures for cleaning, sterilizing and storing of the equipment • Applications in dermatology - o Anatomy and physiology of the skin - o Pigments and autofluorophores of the skin - o Tumor classification with optical methods - o Diagnosis of inflammation - o Changes associated with ageing • Applications in otorhinolaryngology - o Histology and anatomy of the nose, paranasal sinuses, oral cavity, pharynx and larynx - o Endoscopy - o Laser surgery • Applications in dentistry - o Optical methods for caries detection - o Photoactivable dental biomaterials - o Photodynamic therapy - o Intraoral scanners • Applications in gastroenterology - o Microarchitecture of the normal gut seen with conventional histology, conventional endoscopes and endomicroscopes - o Endoscopy and in vivo fluorescence endomicroscopy of disorders of the gastrointestinal tract - o Functional and molecular imaging - o Photodynamic therapy
Lern- und Qualifikationsziele	The students will be introduced into optical techniques used in medical diagnostics and therapy.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	none
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written or oral examination, depending on the number of students participating in the course
Zusätzliche Informationen zum Modul	Used media: lectures: blackboard, projector exercises: pdfs of publications
Empfohlene Literatur	• R. Kiesslich, P.R. Galle, M.F. Neurath: Atlas of endomicroscopy. Springer 2008 • list of publications given during the lecture
Unterrichtssprache	English

Modul MedPhoS3.7 Theranostics	
Modulcode	MedPhoS3.7
Modultitel (deutsch)	Theranostics
Modultitel (englisch)	Theranostics
Modul-Verantwortliche/r	Dagmar FISCHER, Ulrich Sigmar SCHUBERT, Michael BAUER
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	none
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	This module is part of the block „Specialization” of the 3rd semester.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	This module can be elected out of the list of offered modules in the 3rd semester according to the student's education objectives.
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	lectures: 2h/week exercises: 1h/week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	• Theranostics: Definition and Introduction • Dyes, fluorophores and nanomaterials for light-based diagnostic applications • Photodynamic therapy, photosensitizers • Photothermal therapy • Theranostic nanocarriers - o Design principles of carrier structures - o Targeting strategies - o Diagnostic and therapeutic agents
Lern- und Qualifikationsziele	Essential to an efficient therapy of many diseases is a precise diagnosis and a selective application of potent therapeutic agents. To this aim imaging methods have been improved, and strategies for targeted delivery and localized activation of therapeutic agents have been developed. Theranostic approaches try to combine diagnostic and therapeutic techniques by synthesizing carrier systems capable of specific targeting and carrying imaging and therapeutic agents for accurate diagnosis and controlled release. This course introduces the student into current techniques and therapeutic applications.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	none

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written examination at the end of the semester
Zusätzliche Informationen zum Modul	Used media: blackboard, beamer, overhead projector, written supplementary material
Empfohlene Literatur	English
Unterrichtssprache	--

Modul MedPhoS3.8 Optical Characterization of Biomaterials	
Modulcode	MedPhoS3.8
Modultitel (deutsch)	Optical Characterization of Biomaterials
Modultitel (englisch)	Optical Characterization of Biomaterials
Modul-Verantwortliche/r	Klaus JANDT, Jörg BOSSERT
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	none
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	This module is part of the block „Specialization” of the 3rd semester.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	This module can be elected out of the list of offered modules in the 3rd semester according to the student's education objectives.
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	lectures: 2h/week exercises: 1h/week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	• Fundamentals of Materials Science • Application of biomaterials in clinical medicine - o Bone replacement - o Dental materials - o Biomaterials for ophthalmologic applications - o Materials and scaffolds for biomedical engineering - o Cell mechanics, cell-cell and cell-matrix interactions - o Biomimetics • Optical methods for inspection, characterization and imaging of biomaterials - o Light microscopy (LM, CLSM) - o Spectroscopy and scattering - o X-ray diffraction - o Electron microscopy (SEM-FIB, ESEM, TEM) - o Atomic force microscopy - o X-ray microtomy - o 3D-reconstruction - o Preparation of samples • Biological reactions to biomaterials

Lern- und Qualifikationsziele	Biomaterials are widely used in regenerative medicine and dental medicine, where biological substitutes and scaffolds are created to mimic and replace natural tissues. The main aim of this course is to introduce the student to the field of biomaterials, applications where the optical properties of biomaterials are important and the characterization of biomaterials with optical techniques.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	none
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written examination at the end of the semester
Zusätzliche Informationen zum Modul	Used media: blackboard, beamer, overhead projector, written supplementary material
Empfohlene Literatur	• B.D. Ratner, A.S. Hoffmann, F.J. Schoen, J.E. Lemons: Biomaterials Science. An introduction to materials in medicine. 3rd ed. Academic Press 2012. • List of selected journal publications given during the lecture
Unterrichtssprache	Used media: blackboard, beamer, overhead projector, written supplementary material

Modul MedPhoS3.9 Chemometrics	
Modulcode	MedPhoS3.9
Modultitel (deutsch)	Chemometrics
Modultitel (englisch)	Chemometrics
Modul-Verantwortliche/r	Jürgen POPP, Thomas BOCKLITZ
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Basic knowledge in mathematics and programming taught in modules F1.1 and F2.1
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	This module is part of the block "Specialization" in the 3rd semester of the Medical Photonics program.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	This module can be elected out of the list of offered modules in the 3rd semester according to the student's education objectives.
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	lectures: 2h/week exercises: 1h/week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	• Introduction into statistics (univariate, multivariate) • Spectroscopic pre-treatment procedures • Introduction into image analysis (filter methods, property calculation, segmentation approaches, object recognition) • Analysis methods (optimization problems and optimization methods, classification models (possible examples: LDA, SVM, ANN), multivariate calibration methods, evaluation procedures, factor methods (possible examples: PCA, ICA, NMF), cluster algorithms (possible examples: k-means-CA, c-means-CA, HCA, VCA, N-FINDR))
Lern- und Qualifikationsziele	This module provides an introduction into the fundamentals of statistical data evaluation i.e. general concepts of chemometric approaches to analyse optical molecular microspectroscopic images of biological samples like e.g. cells or tissue.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	none
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written examination at the end of the semester
Zusätzliche Informationen zum Modul	Used media: blackboard, beamer, overhead projector, written supplementary material

Empfohlene Literatur	• K. R. Beebe, R. J. Pell und M. B. Seasholtz, Chemometrics: A Practical Guide, John Wiley & Sons, New York 1998. • T. Hastie, R. Tibshirani und J. Friedman, The Elements of Statistical Learning – Data Mining, Inference, and Prediction, Springer Verlag 2008. • List of selected journal publications given during the lecture
Unterrichtssprache	English

Modul MedPhoS310 Microspectroscopy	
Modulcode	MedPhoS310
Modultitel (deutsch)	Microspectroscopy
Modultitel (englisch)	Microspectroscopy
Modul-Verantwortliche/r	Juergen POPP, Michael SCHMITT, Ute NEUGEBAUER
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	none
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	This module is part of the block "Specialization" in the 3rd semester of the Medical Photonics program.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	This module can be elected out of the list of offered modules in the 3rd semester according to the student's education objectives.
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	lectures: 3h/week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	• Molecular vibrations (normal mode concept) • Infrared absorption spectroscopy / microscopy, vibrational circular dichroism (VCD) for biomedical diagnostics • Raman scattering (classical and quantum mechanical description) • Raman microscopy for biomedical diagnostics • Raman signal enhancing approaches (resonance Raman, surface enhanced Raman scattering SERS) and its application for biomedical analysis • Tip-enhanced Raman scattering TERS • Introduction into non-linear Raman approaches (Hyper-Raman, coherent anti-Stokes Raman scattering CARS, stimulated Raman scattering SRS) • Non-linear Raman microscopy (CARS- and SRS microscopy) for biomedical diagnostics • Other labelfree non-linear microspectroscopic approaches (two-photon excited autofluorescence TPEF, second harmonic generation) • Non-linear multimodal imaging for labelfree biomedical diagnostics

Lern- und Qualifikationsziele	The aim of this course is to present modern methods in linear and non-linear vibrational microspectroscopy (IR absorption, Raman, resonance Raman, SERS, TERS, CARS, SRS, etc.) dedicated to biological samples. The potential as well as the limitations of these label-free vibrational spectroscopic techniques towards a more reliable medical diagnosis will be discussed.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	none
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written examination at the end of the semester
Zusätzliche Informationen zum Modul	blackboard, beamer, overhead projector, written supplementary material
Empfohlene Literatur	• J. Popp, V.V. Tuchin, A. Choi, S.H. Heinemann (Eds): Handbook of Biophotonics, • Volume 1: Basics and Techniques, Wiley, 2011. • B. Schrader (Ed.): Infrared and Raman Spectroscopy: Methods and Applications, VCH Weinheim 1995. • List of selected journal publications given during the lecture.
Unterrichtssprache	English

Modul MedPhoS311 Mass Spectrometry Imaging	
Modulcode	MedPhoS311
Modultitel (deutsch)	Mass Spectrometry Imaging
Modultitel (englisch)	Mass Spectrometry Imaging
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	none
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	This module is part of the block "Specialization" in the 3rd semester of the Medical Photonics program.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	This module can be elected out of the list of offered modules in the 3rd semester according to the student's education objectives.
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	lectures: 2h/week exercises: 1h/week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	150 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	• Mass spectrometers, types and technical principles • MALDI Imaging technical aspects • MALDI Imaging for the analysis of organs and complex tissue • Image analysis by different software (PCA, Segmentation maps etc.) • Identification of biomarker • DESI technical aspects • DESI analysis of tissues ex vivo • Correlation to other imaging techniques (Raman, MRI etc.)
Lern- und Qualifikationsziele	The aim of this course is to present modern methods of Mass Spectrometry Imaging (MSI) for the analysis of complex tissue sections. These techniques like MALDI (Matric assisted laser desorption and ionization) Imaging or Desorption ionization electrospray imaging (DESI) are especially used for the analysis of tumor tissues. The potential as well as the limitations of these label-free spectrometric techniques towards a more differentiated medical diagnosis will be discussed.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	none
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written examination at the end of the semester

Zusätzliche Informationen zum Modul	Used media: blackboard, beamer, overhead projector, written supplementary material
Empfohlene Literatur	• Norris JL, Caprioli RM. Analysis of tissue specimens by matrix-assisted laser desorption/ionization imaging mass spectrometry in biological and clinical research. Chem. Rev. 113, 2309-42 (2013). • list of references given during the course
Unterrichtssprache	English

Modul MedPhoS312 Optical Sensors, Microfluidics	
Modulcode	MedPhoS312
Modultitel (deutsch)	Optical Sensors, Microfluidics
Modultitel (englisch)	Optical Sensors, Microfluidics
Modul-Verantwortliche/r	Wolfgang FRITZSCHE, Thomas HENKEL
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	none
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	This module is part of the block „Specialization” of the 3rd semester
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	This module can be elected out of the list of offered modules in the 3rd semester according to the student's education objectives.
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	lectures: 2h/week exercises: 1h/week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	• Biosensors: Definition and Introduction • Marker-based and label-free approaches • Parallel bioanalytics (microarray, DNA chip) • Detection schemes for chip-based analytic • Microfluidics for bioanalytics/diagnostics • POC-systems • Nanosensors in bioanalytics/diagnostics • Optical approaches for nanosensor readout
Lern- und Qualifikationsziele	This course introduces miniaturized approaches to bioanalytics with a special focus on parallel (microarrays) and nanoscale (nanosensors) methods, complemented by a review of microfluidics and its applications. It will give an overview over the basic techniques in this field, list first applications and discuss emerging future trends.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	none
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written examination at the end of the semester

Zusätzliche Informationen zum Modul	Used media: blackboard, beamer, overhead projector, written supplementary material
Empfohlene Literatur	• R. Marks, C.R. Lowe, D.C. Cullen, H.H. Weetall: Handbook of Biosensors and Biochips, Wiley 2007 • W. Fritzsche, M. Lamy de la Chapelle: Molecular Plasmonics, Wiley 2014 • List of selected journal publications given during the lecture
Unterrichtssprache	English

Modul PAFM0120 Biomedical Imaging - Ionizing Radiation	
Modulcode	PAFM0120
Modultitel (deutsch)	Biomedical Imaging - Ionizing Radiation
Modultitel (englisch)	Biomedical Imaging - Ionizing Radiation
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Jürgen R. Reichenbach
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	The module is part of the "Fundamentals" module in the Medical Photonics program.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Introduction to biomedical and medical imaging systems; Physical principles behind the design of selected imaging systems; Technological aspects of each modality; Spatial and temporal resolution; Importance of each modality concerning physical, biological and clinical applications.
Lern- und Qualifikationsziele	The course introduces the physical principles, properties and technical concepts of imaging systems as they are applied today in medicine and physics. The focus is laid on the use and application of ionizing radiation, which has always been an important aspect of the application of physics to medicine. Applications and current developments will be presented. After having actively participated the students should demonstrate a critical understanding of the theoretical basis and technologies of these imaging systems and have acquired an appreciation of instrumentation and practical issues with different imaging systems. The course is independent of the course Biomedical Imaging – Non-Ionizing Radiation offered in the 2nd semester and does not require previous participation of that course.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Abgabe von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.)

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Written or oral examination. The selected form of the exam will be announced at the beginning of the semester
Zusätzliche Informationen zum Modul	Used media: electronic presentations, computer based demonstrations, blackboard
Empfohlene Literatur	• Oppelt, Imaging Systems for Medical Diagnostics: Fundamentals, Technical Solutions and Applications for Systems Applying Ionizing Radiation, Nuclear Magnetic Resonance and Ultrasound, Publicis, 2nd edition, 2006; • P. Suetens, Fundamentals of Medical Imaging, Cambridge University Press; 2nd edition, 2009; • W.R. Hendee, E.R. Ritenour, Medical Imaging Physics, Wiley-Liss, 4th edition, 2002.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0121 Biomedical Imaging - Non Ionizing Radiation	
Modulcode	PAFM0121
Modultitel (deutsch)	Biomedical Imaging - Non Ionizing Radiation
Modultitel (englisch)	Biomedical Imaging - Non Ionizing Radiation
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Jürgen R. Reichenbach
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	Introduction to imaging systems; Physical principles behind the design of selected biomedical imaging systems, including magnetic resonance imaging, ultrasound imaging; Technological aspects of each modality; Importance of each modality concerning physical, biological and clinical applications.
Lern- und Qualifikationsziele	The course introduces physical principles, properties and technical concepts of imaging systems as they are applied today in medicine and physics. The focus is laid on the use and application of non-ionizing radiation, as utilized, e.g., with magnetic resonance imaging or ultrasound imaging. Applications and current developments will be presented. After active participation the students should demonstrate a critical understanding of the theoretical basis and technologies of these imaging systems and have acquired an appreciation of instrumentation and practical issues with different imaging systems. The course is independent of the course Biomedical Imaging – Ionizing Radiation offered in the 3rd semester.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Abgabe von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Written or oral examination. The selected form of the exam will be announced at the beginning of the semester

Empfohlene Literatur	• Oppelt. Imaging Systems for Medical Diagnostics: Fundamentals, Technical Solutions and Applications for Systems Applying Ionizing Radiation, Nuclear Magnetic Resonance and Ultrasound, Publicis, 2nd edition, 2006; • J.T. Bushberg et al., The Essential Physics of Medical Imaging, Lippincott Raven, 3rd edition, 2011; • R.W. Brown, Y.-C. N. Cheng, E. M. Haacke, M.R. Thompson, R. Venkatesan, Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Sequence Design, Wiley, 2nd edition, 2014.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0160 Fiber Optics	
Modulcode	PAFM0160
Modultitel (deutsch)	Fiber Optics
Modultitel (englisch)	Fiber Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Markus Schmidt
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	• Properties of optical fibers; • Light propagation in optical fibers; • Technology and characterization techniques; • Special fiber types (photonic crystal fibers, hollow fibers, polarization maintaining fibers); • Fiber devices (e.g. fiber amplifiers and lasers); • Applications
Lern- und Qualifikationsziele	This course introduces properties of different types of optical fiber waveguides. Applications of optical fibers and optical sensing will be discussed and students will be enabled to solve related problems.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Written or oral examination (100%). The selected form of the exam will be announced at the beginning of the semester.
Empfohlene Literatur	• Snyder/Love, Optical Waveguide Theory; • Okamoto, Fundamentals of Optical Waveguides.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0180 Image Processing	
Modulcode	PAFM0180
Modultitel (deutsch)	Image Processing
Modultitel (englisch)	Image Processing
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Joachim Denzler
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	• Digital image fundamentals (Image Sensing and Acquisition, Image Sampling and Quantization) • Image Enhancement in the Spatial Domain (Basic Gray Level Transformations, Histogram Processing, Spatial Filtering) • Image Enhancement in the Frequency Domain (Introduction to the Fourier-Transform and the Frequency Domain, Frequency Domain Filtering, Homomorphic Filtering) • Image Restoration (Noise Models, Inverse Filtering, Geometric Distortion) • Color Image Processing Image Segmentation (Detection of Discontinuities, Edge Linking and Boundary Detection, Thresholding, Region-Based Segmentation) • Representation and Description Applications
Lern- und Qualifikationsziele	The course covers the fundamentals of digital image processing. Based on this the students should be able to identify standard problems in image processing to develop individual solutions for given problems and to implement image processing algorithms for use in the experimental fields of modern optics.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Written or oral examination (100%). The selected form of the exam will be announced at the beginning of the semester.
Empfohlene Literatur	Gonzalez, Woods, Digital Image Processing, Prentice Hall, 2001
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0183 Introduction to Nanooptics	
Modulcode	PAFM0183
Modultitel (deutsch)	Introduction to Nanooptics
Modultitel (englisch)	Introduction to Nanooptics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. I. Staude, Prof. Dr. T. Pertsch
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul 528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area "specialization"
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	• Surface-plasmon-polaritons; • Plasmonics; • Photonic crystals; • Fabrication and optical characterization of nanostructures; • Photonic nanomaterials / metamaterials / metasurfaces; • Optical nanoemitters; • Optical nanoantennas.
Lern- und Qualifikationsziele	The course provides an introduction to the broad research field of nanooptics. The students will learn about different concepts which are applied to control the emission, propagation, and absorption of light at subwavelength spatial dimensions. Furthermore, they will learn how nanostructures can be used to optically interact selectively with nanoscale matter, a capability not achievable with standard diffraction limited microscopy. After successful completion of the course the students should be capable of understanding present problems of the research field and should be able to solve basic problems using advanced literature.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Keine

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Module mark (100%) Consists of a written examination and an oral presentation on a current research topic.
Empfohlene Literatur	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0221 Microscopy	
Modulcode	PAFM0221
Modultitel (deutsch)	Microscopy
Modultitel (englisch)	Microscopy
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Rainer Heintzmann, Prof. Dr. Christian Eggeling
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik Vertiefung „Optik“: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	• Optical microscopy • Circumventing the resolution limit • Electron microscopy • Atomic force microscopy
Lern- und Qualifikationsziele	This Module provides an introduction into the fundamentals of modern light and electron microscopy and enables the students to solve related problems.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Written or oral examination (100%). The selected form of the exam will be announced at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul MedPhoM Master thesis	
Modulcode	MedPhoM
Modultitel (deutsch)	Master thesis
Modultitel (englisch)	Master thesis
Modul-Verantwortliche/r	N.N.
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	72 ECTS points and the completion of the modules "Adjustment", "Fundamentals" and "Specialization" offered in the first three semesters
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	Module in the 4th semester of the Medical Photonics program.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Compulsory module
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	6 Monat(e)
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Practical course
Leistungspunkte (ECTS credits)	30 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	900 h
- Präsenzstunden	- h
- Selbststudium	- h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Internship in a research laboratory
Lern- und Qualifikationsziele	The aim of this module is to apply the knowledge and skills acquired during the first three semesters of the master's program to a specific research project. This includes: • design of the experiment • analysis of the experimental results • preparation of a scientific report • presentation of the results in the master thesis and a presentation
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	regular labwork
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written report - master's thesis (66 %) + oral presentation of the results (33 %) examination at the end of the semester

Zusätzliche Informationen zum Modul	Used media: specified by the instructor Work load Total work load: 900 h Depending on the topic this work load should be splitted as follows: • 225 h introduction to the research topic • 450 h research work • 200 h preparation of the final report/thesis • 25 h preparation of the presentation
Empfohlene Literatur	specified by the instructor
Unterrichtssprache	English

Abkürzungen:

Abkürzungen für Veranstaltungen

AVL....	Antrittsvorlesung
AG....	Arbeitsgemeinschaft
AM....	Aufbaumodul
AS....	Ausstellung
BM....	Basismodul
BzPS....	Begleitveranstaltung zum Praxissemester
B....	Beratung
Bes....	Besichtigung
KB....	Besprechung
Blo....	Blockierung
BV....	Blockveranstaltung
DV....	Diavortrag
EF....	Einführungsveranstaltung
ES....	Einschreibungen
EKK....	Examensklausurenkurs
EX....	Exkursion
Exp....	Experiment/Erhebung
FE....	Feier/Festveranstaltung
F....	Filmvorführung
GÜ....	Geländeübung
GK....	Grundkurs
HpS....	Hauptseminar
HS/B....	Hauptseminar/Blockveranstaltung
HS/Ü....	Hauptseminar/Übung
Inf....	Informationsveranstaltung
IHS/ Ü....	Interdisziplinäres Hauptseminar/ Übung
KS....	Klausur
KS/ PR....	Klausur/Prüfung
K....	Kolloquium
K/P....	Kolloquium/Praktikum
KS....	Konferenz/Symposium
kV....	Kulturelle Veranstaltung
Ku....	Kurs

Abkürzungen für Veranstaltungen

Ku....	Kurs
Lag....	Lagerung
LFP....	Lehrforschungsprojekt
Lek....	Lektürekurs
M....	Modul
MV....	Musikveranstaltung
OS....	Oberseminar
OnLS....	Online-Seminar
OnV....	Online-Vorlesung
P....	Praktikum
PrS....	Praktikum/Seminar
PM....	Praxismodul
Pr....	Probe
PJ....	Projekt
PPD....	Propädeutikum
PS....	Proseminar
PR....	Prüfung
PrVo....	Prüfungsvorbereitung
QB....	Querschnittsbereich
RE....	Repetitorium
V/R....	Ringvorlesung
SU....	Schulung
S....	Seminar
S/E....	Seminar/Exkursion
S/Ü....	Seminar/Übung
SZ....	Servicezeit
Sl....	Sitzung
SoSch....	Sommerschule
SO....	Sonstiges
SV....	Sonstige Veranstaltung
SK....	Sprachkurs
TG....	Tagung
TT....	Teleteaching
TN....	Treffen
Tu....	Tutorium
T....	Tutorium
Ü....	Übung
Ü/B....	Übung/Blockveranstaltung
Ü....	Übungen
Ü/I....	Übung/Interdisziplinär

Abkürzungen für Veranstaltungen

Ü/P....	Übung/Praktikum
Ü/T....	Übung/Tutorium
Ve....	Versammlung
ViKo....	Videokonferenz
V....	Vorlesung
V/K....	Vorlesung m. Kolloquium
V/P....	Vorlesung/Praktikum
V/S....	Vorlesung/Seminar
V/Ü....	Vorlesung/Übung
Vor....	Vortrag
VT....	Vortrag
WS....	Wahlseminar
WV....	Wahlvorlesung
We....	Weiterbildung
Wo....	Workshop
WOS....	Workshop
ZÜ....	Zeugnisübergabe

Other Abbreviations

Anm.....	Anmerkung
ASQ....	Allgemeine Schlüsselqualifikationen
AT....	Altes Testament
E....	Essay
FSQ....	Fachspezifische Schlüsselqualifikationen
FSV....	Fakultät für Sozial- und Verhaltenswissenschaften
GK....	Grundkurs
IAW....	Institut für Altertumswissenschaften
LP....	Leistungspunkte
NT....	Neues Testament
SQ....	Schlüsselqualifikationen
SS....	Sommersemester
SWS....	Semesterwochenstunden
TE....	Teilnahme
TP....	Thesenpublikation
ThULB....	Thüringer Universitäts- und Landesbibliothek
VVZ....	Vorlesungsverzeichnis
WS....	Wintersemester