

Study Guidebook 2010/11

M.Sc. program "Optics & Photonics"

Table of content

1. Preamble	5
2. Program Scope and Structure	6
3. Contact.....	8
4. 1. Semester: Introduction 31 CP.....	9
4.1 Compulsory Courses.....	9
4.1.1 Optical Engineering.....	9
4.1.2 Fundamentals of Optics and Photonics	10
4.1.3 Electromagnetics and Numerical Calculation of Fields	11
4.2 Adjustment Courses	13
4.2.1 Modern Physics	13
4.2.2 Measurement and Control Systems.....	15
4.3 Lab Courses.....	17
4.3.1 Optics and Photonics Lab I	17
4.4 Additive key competencies.....	23
4.4.1 European Integration and Institutional Studies	23
4.4.2 Visual Culture.....	24
4.4.3 Business Development of Innovations in Optics & Photonics	26
5. 2. Semester: Core Subjects 29 CP	27
5.1 Compulsory Courses.....	27
5.1.1 Spectroscopic Methods.....	27
5.1.2 Theoretical Optics	28
5.1.3 Optoelectronic Components	29
5.1.4 Nonlinear Optics	31
5.1.5 Microoptics and Lithography	33
5.2 Lab Courses.....	34
5.2.1 Optics and Photonics Lab II	34

6. 3. Semester: Specialisation	30 CP	41
6.1	Elective Courses Photonic Materials and Devices	41
6.1.1	Solid-State Optics	41
6.1.2	Field propagation and coherence	42
6.1.3	Numerical Methods in Photonics	44
6.1.4	Advanced Inorganic Materials	46
6.1.5	Plastic Electronics	48
6.1.6	Photovoltaics	49
6.1.7	Optical Communications Systems	50
6.2	Elective Courses Advanced Spectroscopy	51
6.2.1	Molecular Spectroscopy	51
6.2.2	Combustion Diagnostics	52
6.2.3	Nano-Optics (Summer Term 2011 only)	54
6.2.4	Laser Metrology	55
6.2.5	Solid-State Optics	56
6.2.6	Numerical Methods in Photonics	56
6.2.7	Advanced Inorganic Materials	56
6.2.8	Laser Physics	56
6.3	Elective Courses Biomedical Photonics	57
6.3.1	Imaging Techniques in Light Microscopy	57
6.3.2	Optics and Vision in Biology	58
6.3.3	Nano-Optics	59
6.3.4	Molecular Cell Biology	59
6.3.5	Photochemistry	60
6.3.6	Laser Physics	61
6.4	Elective Courses Optical Systems	62
6.4.1	Systems and Software Engineering	62
6.4.2	Machine Vision	63
6.4.3	Optical Communications Systems	64
6.4.4	Light and Display Engineering	64
6.4.5	Field propagation and coherence	66
6.4.6	Numerical Methods in Photonics	66

6.4.7	Plastic Electronics.....	66
6.4.8	Laser Metrology	66
6.4.9	Laser Physics.....	66
6.5	Additive key competencies.....	66
6.5.1	European Integration and Institutional Studies	66
6.5.2	Visual Culture.....	66
6.5.3	Business Development of Innovations in Optics & Photonics	67
7.	4. Semester: Master Thesis 30 CP.....	67
8.	Studien- und Prüfungsordnung (in German)	68

1. Preamble

Optics & Photonics are vibrant fields of research and at the same time serve as important enabling technologies of many disciplines. Scientists and engineers are constantly pushing progress of our capabilities to generate, transmit, manipulate, detect, and utilize electromagnetic radiation (light) both on a classical and quantum level. In turn, they benefit from the availability of elaborated optical systems, advanced optical instrumentation and novel photonic devices.

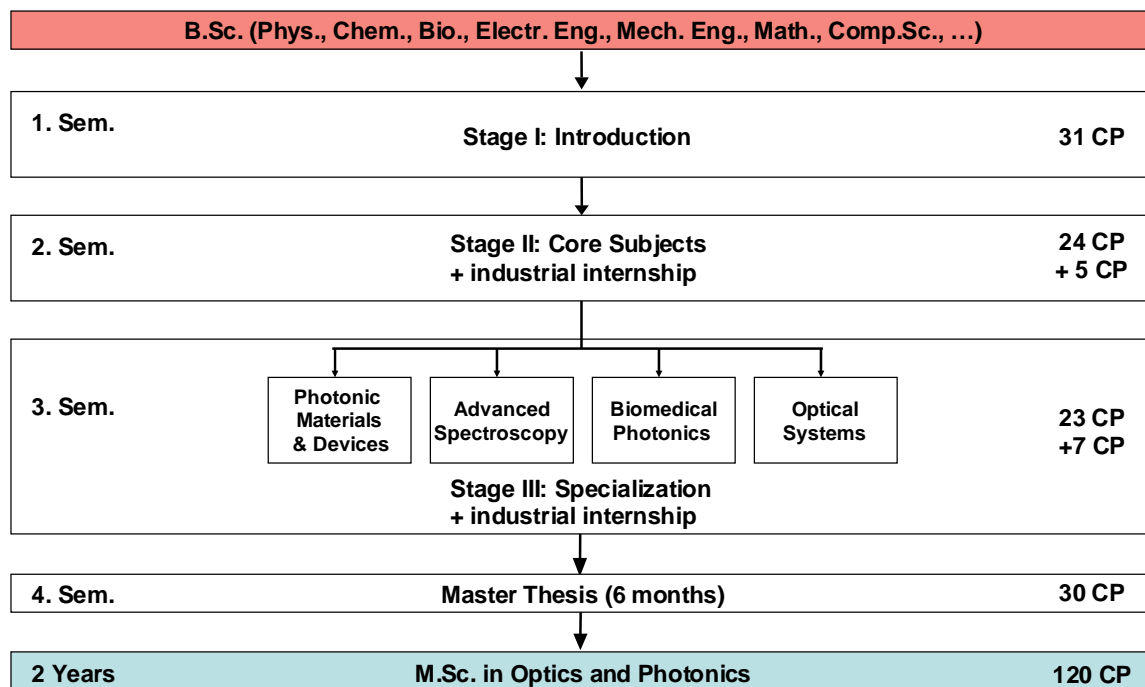
One particularly prominent example is the laser. Driven by theoretical ideas in the beginning, subsequent combined efforts of scientists and engineers have resulted in one of the most versatile tools for the natural sciences, industry, and consumer electronics. Applications of lasers can be found all the way from millions of low-cost laser diodes used in optical storage over selected semiconductor laser devices for long-haul data transmission to a few very high-power lasers in nuclear fusion research.

As a result, scientists and engineers with a specialization in Optics & Photonics have excellent opportunities in companies that design and manufacture devices and components, optical systems and instrumentation, car suppliers, and in companies that manufacture enabling products. Optics & Photonics also provide plenty of opportunities for start-up companies.

The creation of the interdisciplinary Master program in Optics & Photonics of the Karlsruhe School of Optics & Photonics (KSOP) is a direct consequence of the ever increasing need for highly qualified scientists and engineers in the fields of Photonic Materials & Devices, Advanced Spectroscopy, Biomedical Photonics, and Optical Systems.

2. Program Scope and Structure

The international Master program in Optics & Photonics is structured in 4 stages. It is the goal of the program to provide the students with the required prerequisites (Stage I: Introduction), give them a solid background on most important topics within the wide and diverse field of Optics and Photonics (Stage II: Core Subjects) and let them acquire specialized knowledge (Stage III: Specialization) in order to be able to competently perform a research project on current hit topic (Masters Thesis). This is facilitated through lectures with corresponding homework problems, lab courses, and an industrial internship.



Stage I (Introduction):

This phase comprises adjustment courses that will help to bring the inhomogeneous backgrounds of the students to a common standard. The assignment of adjustment courses will be individually determined for each student. Together with compulsory courses on fundamental topics and first practical training sessions in a lab course, this will lay the foundations for the courses on core subjects (Stage II) and specialization courses (Stage III).

Stage II (Core Subjects):

The goal of this phase is to provide a comprehensive education in advanced optics and photonics and to simultaneously give a review of this wide and diverse field. The

central part of this phase is a block of compulsory lectures which span the whole range from basic science to engineering. These lectures are complemented by a laboratory course and an industrial internship where the connection to corresponding industry partners will be made by the Karlsruhe School of Optics & Photonics.

Stage III (Specialization):

Based on the knowledge developed in Stage I & II, this phase features elective courses from the main research areas of the Karlsruhe School of Optics & Photonics. Together with a seminar course and a project course, this will serve as an introduction to independent scientific work and, therefore, provide the student with the knowledge and skills that are required to successfully carry out research within a Master Thesis.

Stage IV (Master Thesis):

Within this phase, the student will join one of the KSOP research groups and will utilize the knowledge and skills acquired in Stage I – III to work on an advanced research project.

3. Contact

Administrative staff	Contact
Dr.-Ing. Judith Elsner KSOP Manager International Department	E-Mail: elsner@ksop.de Office: +49 (0)721 608 -7881
Franziska Hochmuth (M.A.) Manager Operations	E-Mail: hochmuth@ksop.de Office: +49 (0)721 608 - 7687
Dipl.-Phys.Dagmar Rall Scientific Advisor Lab Courses Light Technology Institute	E-Mail: rall@ksop.de Office: +49 (0)721 608 - 4994
Dipl.-Ing. Carmen Kettwich Scientific Advisor Master Students Light Technology Institute	E-Mail: kettwich@ksop.de Office: +49 (0)721 608 - 6735
Denica Angelova Ph.D. Program Manager	E-Mail: angelova@ksop.de Office: +49 (0)721 608 – 7842

4.	1. Semester: Introduction	31 CP
-----------	----------------------------------	--------------

4.1 Compulsory Courses

4.1.1 Optical Engineering

Lecturers:

Dr. rer. nat. Wilhelm Stork

Content:

The course “Optical Engineering” teaches the practical aspects of designing optical components and instruments such as lenses, microscopes, lighting systems, optical sensors and measurement systems, and optical disc systems (e.g. CD, DVD, HVD).

Course objectives:

The course explains the layout of modern optical systems and gives an overview over available technology, materials, costs, design methods, as well as optical design software.

Learning targets/skills:

The course will enable students to explain the function of modern optical systems and plan the design of new optical systems and components.

Pre-requisites:

In order to understand what is physically possible to achieve the students should know the fundamentals of optics as taught in Stage I of the M.Sc. program.

Teaching Method:

The lectures will be given in the form of presentations and accompanied by individual and group exercises.

Course structure	Lectures	2 SWS	Lab courses	0 SWS
	Exercises	1 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

	written	oral
participation during course	%	%
case study	%	%
project work	%	%
exam	%	100 %

Course material:

The slides of the presentations will be available online.

Literature:

A list of relevant literature will be distributed at the beginning of the class.

A recommended book for the topic is: E. Hecht: OPTIK, Addison Wesley, 1989.

Contact:

Name: Dr. rer. nat. Wilhelm Stork
Tel.: 0721 / 608-2510
E-mail: stork@itiv.uni-karlsruhe.de

4.1.2 Fundamentals of Optics and Photonics

Lecturer:

Prof. Dr. phil. nat. Heinz Kalt

Content:

The course will give an introduction to the field of optics and photonics. After a short revision of basic optics, the focus will be on polarization, optical anisotropy, diffraction, coherence, interference, light-matter interaction and basics of lasers

Course objectives:

The objective is to lay out the basis for the compulsory courses of the 2nd semester and the following elective courses.

Learning targets/skills:

The target for the students is to have a solid background in the field, to handle basics problems using phenomenological approaches, to achieve a good visualization of optical phenomena.

Pre-requisites:

Solid mathematical background, basic physics course.

Teaching Method:

Presentation using Tablet PC and power point (script and additional material available on KSOP Sharepoint), demonstration experiments, exercises.

Course structure	Lectures	4 SWS	Lab courses	0 SWS
	Exercises	2 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

	written	oral
participation during course	%	%
case study	%	%
project work	%	%
exam	100 %	%

Pre-requisites for participation at written exam:

40% of the problems given in the exercises have to be solved and submitted as well as active participation in exercises (two times presentation of solutions on blackboard) is required to qualify for the written exam

Course material:

Script and additional material available on KSOP sharepoint

Literature:

D. Meschede: *Optics, Light and Lasers*

B.E.A. Saleh, M.C. Teich: *Fundamentals of Photonics*

F.G. Smith, T.A. King and D. Wilkins: *Optics and Photonics, An Introduction*

Contact:

Name: Prof. Dr. phil. nat. Heinz Kalt

Tel.: 0721 / 608-3420

E-mail: heinz.kalt@kit.edu

4.1.3 Electromagnetics and Numerical Calculation of Fields

Lecturer:

Prof. Dr. rer. nat. Olaf Dössel

Content:

Maxwell-Equations, Materials Equations, Boundary Conditions, Fields in Ferroelectric and Ferromagnetic Materials, Classification of Electromagnetic Fields, Electric Potential, Coulomb Integral, Laplace & Poisson Equation, Separation of Variables, Greens Function, Uniqueness Theorem, Inverse Operators
Energy Density, Poynting Vector, Electric Field Energy of N Conductors, Coefficients of Capacitance, Capacitor, Electrostatic Forces,
Vector Potential, Calculate B from J, Biot-Savart, Magn. Field Energy of N Wires, Coefficients of Inductance, External and Internal Inductance, Inductance of a Solenoid and Coaxial Cable,
Magnetostatics, Magnetostatic Potential, Magnetostatic Forces,
Steady Electric Currents, Laplace & Poisson Equation, Analogy of Resistance and Capacitance, Conservation of Charge,

Law of Induction, Displacement Current, Retarded Potentials, Wave Equation for Φ and A , Lorenz Gauge, Wave Equation for E and H , General Solution of Wave Equation, Plane Waves, Circularly Polarized Waves, Hertz-Dipole, Near Field and Far Field Solutions, Poynting Vector of Far Field Solution, Generalized Wave Equation, Lossless Media/Good Conductors, Diffusion Equations, Skin Effect, Eddy Currents, Transmission Lines, Fields in Coaxial Transmission Lines, Translation of Field to U and I , Phase Velocity, Characteristic Impedance, Lossy Transmission Lines, Wave Guides, E_x and E_y as a Function of E_z , TEM, TM and TE Waves, TM and TE Modes in a Rectangular Waveguide, Introduction to Numerical Calculation of Fields, Discretization & Quantization, Types of Partial Differential Equations, Finite Difference Method, Computational Molecule for Diffusion Equation, Wave Equation, Poisson Equation, Finite Difference Time Domain (FDTD), Yee's Lattice, Finite Difference Frequency Domain, Finite Integration Technique FIT, Setup of Matrices, Iterative Solution, Finite Element Method FEM, Variational Method and Eulers Differential Equations, FEM Approach from Calculus of Variations, Application of FEM to Electrostatics, Magnetostatics and Steady Currents, Method of Weighted Residuals, Galerkin Method, Node Shape Functions, Element Shape Functions, Element Stiffness Matrix, Compiling the System Matrix, Boundary Values, Mesh-Refinement, Method of Moments, Global and Local Basis Function, Translation to Integral Equation using the Greens Function, Boundary Element Method BEM, Greens Law, Solid Angles, Φ on the Boundary, Φ inside the Domain, Transmission Line Matrix Method, Translation of E and H to U and I , Scattering Matrix, Translation Matrix, from Reflected Signals to Incident Signals, Solution of Large Sets of Linear Equations, Iterative Solver, Accuracy of the Solution, Prerequisites for Getting a Good Solution, Preconditioning, Demonstration of some Software Packages for Numerical Field Calculation

Course objectives:

To achieve a solid understanding of electromagnetic field theory and of the most important numerical methods, to learn the methodology to achieve an accurate solution using numerical field theory, to be able to solve problems of electromagnetic field theory.

Learning targets/skills:

Ability to solve technical problems using electromagnetic field theory and numerical methods.

Pre-requisites:

Undergraduate knowledge about electromagnetic field theory.

Teaching Method:

Lecture, explain theory, give practical examples, demonstrations of various software packages for numerical computation of electromagnetic fields.

Course structure	Lectures	2 SWS	Lab courses	0 SWS
	Exercises	0 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

	written	oral
participation during course	%	%
case study	%	%
project work	%	%
exam	100 %	%

Course material:

Matthew Sadiku (2001), Numerical Techniques in Electromagnetics. CRC Press, Boca Raton, 0-8493-1395-3

Allen Taflove and Susan Hagness (2000), Computational electrodynamics: the finite-difference time-domain method. Second Edition, Artech House, Boston, 1-58053-076-1

Nathan Ida and Joao Bastos (1997), Electromagnetics and calculation of fields. Springer Verlag, New York, 0-387-94877-5

Jijad Haznadar and Zeljko Stih (2000), Electromagnetic Fields, Waves and Numerical Methods, IOS Press, Amsterdam, 0-58603-064 7

M.V.K. Chari and S.J. Salon (2000), Numerical Methods in Electromagnetism, Academic Press, London, 0-12-615760-x

Contact:

Name: Prof. Dr. rer. nat. Olaf Dössel
Tel.: 0721 / 608-2650
E-mail: od@ibt.uni-karlsruhe.de

4.2 Adjustment Courses

4.2.1 Modern Physics

Lecturer:

Prof. Dr. Bernd Pilawa

Content:

The course introduces to basic aspects of classical and modern physics. The main topics of the lecture are optics (rays and wave optics), relativistic mechanics, quantum mechanics, and selected aspects of atomic physics, solid-state physics,

nuclear and particle physics. Only those aspects of classical mechanics and electrodynamics are covered by the course which are necessary as prerequisites for the main topics. The course is at the level of Tipler's book "Physics for Scientists and Engineers".

Course objectives:

Physics is a complex structure of concepts, hypotheses, theories, and observations. Students should understand that experimental evidence is the basis of our knowledge of the laws of physics and that physics is not merely a collection of equations and textbook problems. Experiments accompanying the lecture are considered to be useful to develop the conceptual understanding of physics. Students from different fields should reach a common ground of education in physics.

Learning targets/skills:

The students should develop a conceptual understanding of physics and the ability to apply it to simple textbook problems. A reinforcement of the principles of physics should be achieved.

Pre-requisites:

No specific prerequisites are required.

Teaching Method:

The course structure consists of lectures with experiments and accompanying tutorials, discussion sections and homework. The exercises are available from a website which will be announced at the beginning of the course.

Course structure	Lectures	4 SWS	Lab courses	0 SWS
	Exercises	1 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

	written	oral
participation during course	%	%
case study	%	%
project work	%	%
exam	100 %	%

Course material:

Lecture notes (provided by the lecturer), exercise sheets (provided by the lecturer/website), script (provided by the lecturer)

Literature:

P. A. Tipler, G. Mosca: Physics for Scientists and Engineers, Extended Version
W. H. Freeman and Company, New York 2004

D. C. Giancoli: Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics
Prentice Hall International, Inc.

F. W. Sears, M. W. Zemansky, H. D. Young: University Physics

Addison-Wesley Series in Physics

D. Halliday, R. Resnick, J. Walker: Fundamentals in Physics
Wiley, New York 2004

Contact:

Name: Prof. Dr. Bernd Pilawa
Tel.: 0721 / 608-3452
E-mail: bernd.pilawa@kit.edu

4.2.2 Measurement and Control Systems

Lecturers:

Prof. Dr.-Ing. Christoph Stiller

Content:

Measurement and Control Theory is fundamental to a broad variety of optical systems. The compulsory course Measurement and Control Theory provides an overview on the theory of dynamic systems, controller design and measurement systems. The course will specifically address the following issues:

- Objectives and applications of measurement and control theory
- System theory: properties of dynamic systems, description of LTI-systems in time domain, state space models, linearization, description of LTI-systems in frequency domain, Laplace transform, transfer function, frequency response, Nyquist plot, Bode plot
- Properties of elementary systems: nomenclature, elements with P-, I-, and D-behaviour, minimum-phase systems, dead-time elements, PID controller
- Stability: eigenfunctions, criteria for stability in time and frequency domain, algebraic criteria, Hurwitz criterion, geometric criteria, Nyquist criterion
- Controller design: Requirements, PID setting rules of Kessler and Ziegler-Nichols, design of state controllers, structures of control circuits
- Fundamentals of measurement theory: ISO/GUM, measurement uncertainty and their propagation, deterministic and stochastic description of measurement uncertainties, measurement structures, measurement functions, sensitivity
- Estimation, Gauss-Markov Modell, least-square estimator
- Pick ups: Ohmic pick ups, strain gauge, capacitive pick ups, inductive pick ups, pick ups for radiation

Course objectives:

The course will introduce students to the theory of dynamic systems, controller design and measurement systems.

Learning targets/skills:

The course will enable the students to analyze, understand, and design controllers and measurement devices for basic systems. It will also provide a solid background for the master thesis in this field.

Pre-requisites:

The students should have a profound knowledge of mathematics and a fundamental knowledge in engineering of mechanical or electrical systems.

Teaching Method:

The lectures will be given in the form of presentations that are augmented by supervised exercises. Small group exercises are offered to interested students beyond the course structure. Advanced mathematical derivations will be presented step by step on the board.

Course structure	Lectures	3 SWS	Lab courses	0 SWS
	Exercises	1 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

	written	oral
participation during course	%	%
case study	%	%
project work	%	%
exam	100 %	%

Course material:

Script: Course summary available to students as a free pdf.

Exercises and their solutions

Book: C. Stiller: Grundlagen der Mess- und Regelungstechnik Shaker-Verlag, Aachen, 2006.

Literature:

G.F. Franklin, J.D. Powell, A. Emami-Naeini: "Feedback control of dynamic systems,"

Pearson, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA, 5th edition, 2006.

Contact:

Name: Prof. Dr.-Ing. Christoph Stiller

Tel.: 0721 / 608-2325

E-mail: stiller@mrt.uka.de

4.3 Lab Courses

4.3.1 Optics and Photonics Lab I

Lecturers:

Prof. Dr. rer. nat. Claus Klingshirn, Dr. Christoph Sürgers (Department of Physics)
Prof. Dr. rer. nat. Uli Lemmer and Jingshi Li (Department of Electrical Engineering and Information Technology)
Dr. Jürgen Mohr and Dr. Heiko Kubach (Department of Mechanical Engineering)

Content:

This laboratory course comprises a series of optical experiments selected from the advanced laboratory courses of the departments of physics, electrical engineering and information technology, and mechanical engineering. The students will amend their theoretical knowledge from the fundamental courses by exploring, e.g., light emitters, high-resolution spectroscopy, interferometers, fiber optics or solar cells. Depending on the usual time required to complete one lab, they award lab units (one lab unit should correspond roughly to ½ day's work). Students have to collect 18 lab units in total over the course of two semesters, of which at least four lab units from the department of physics, at least six lab units from the department of electrical engineering and at least two lab units from the department of mechanical engineering must be chosen. The choice must be made at the beginning of the first semester, so that the students can be registered with the respective department's labs. Upon completion of the whole course, the O&P lab will award 12 credit points (6 per semester).

Course objectives:

1. Crystal Optics (Department of Physics) (2 lab units)
The phenomena of birefringence and polarization are studied, exemplified by the interaction of light with a calcite crystal and other solids. The interpretation of the optical measurements also allows conclusions about the crystal structure.
2. Luminescence (Department of Physics) (2 lab units)
The performance of light emitting diodes and laser diodes is examined during this lab course. It includes fundamentals of pn-junctions, semiconductor optics and spectroscopy.
3. Solar Cells (Department of Physics) (2 lab units)
Silicon solar cells are analyzed by measuring characteristic curves and efficiency factors. The students will get an insight into pn-junctions, semiconductor optics and global energy problems.
4. Semiconductor spectroscopy (Department of Physics) (2 lab units)
By polarization-dependent measurements of absorption and transmission spectra of several two- and three-dimensional semiconductor structures it is possible to extract information of the nature of semiconductors, e.g. excitons, energy gap, dimensions, refractive index.

5. Magneto-optical Kerr effect – MOKE (Department of Physics) (2 lab units)
Measurement of the magnetization of thin films and heterostructures by the MOKE is from great importance for magneto-optical data storage. Polarization and refraction of light, the Kerr-effect and magnetism are the key terms of this course.
6. Zeeman effect (Department of Physics) (2 lab units)
The Zeeman effect of Helium atoms is measured with a grating spectrograph. Fundamental aspects of atomic physics are examined in this course, e.g., selection rules, g-factor, atom-light-interaction, magnetic quantum number.
7. Fabry-Perot interferometer (Department of Physics) (2 lab units)
A Fabry-Perot interferometer allows the determination of optical spectra with very high resolution. The hyperfine structure spectrum of Tl^{205} is measured with high accuracy considering the dispersion of the spectrometer.
8. Optoelectronics laboratory (Department of Electrical Engineering and Information Technology) (8 lab units)
This is a series of four labs:
 - a. Light Measurement: The light measurement laboratory will deal with the measurement of light intensity distribution, luminous flux and different reflector types. These measurements are typically used to evaluate the performance of luminaries.
 - b. Optics on the Nanoscale: The laboratory is concerning with the theoretical basics and experimental techniques of nanoscale optics like optical antennae. A laser safety instruction is required.
 - c. Compact fluorescent lamps: Compact fluorescent lamps are operated on an electronic gear (ballast). Properties of the lamp as well as those of the ECG are measured, i.e. real and reactive power as functions of the line voltage, luminous flux, dependent on system power, rms, lamp current and line voltage etc.
 - d. Spectroscopy and optical sensor technologies: The monochromator is the basic tool for optical metrology. With a practical experiment the lab should give an overview of the physical principles and main properties of this instrument. The topics higher orders, optical limitation, diffraction, etc. will be discussed and shown with a simple and open monochromator and Xe-arc lamp. The experiment show also the efforts and drawbacks of the most used optical sensors, the Si-diode and mulitalkali photomultiplier.
9. Nanotechnology laboratory laboratory (Department of Electrical Engineering and Information Technology) (8 lab units)
This lab is limited to a total of 10 participants!
This is a series of four labs. Since most labs will take place in the clean room facilities, a proper clean room introduction is a mandatory part of this course:
 - a. E-beam: Electron Beam Microscopy and Electron Beam Lithography (EBL) are standard methods for analyse and fabrication in micro and nanotechnology. The laboratory gives a practical introduction how

Electron Beam Microscopy works, where the benefits and limitations are. Also experience of building own nanostructures by electron beam lithography are given.

- b. OLED fabrication: The market of organic light emitting diodes (OLEDs) has attracted a lot of attention over the last couple of years, due to the potential for low cost, light weight and flexible devices. In this practical course we examine the properties of polymer OLEDs, that are to be prepared in a cleanroom environment beforehand. The trainees become familiar with all fabrication steps of solution processed OLEDs and a typical characterization of organic devices.
- c. Interference lithography: Interference lithography is a production method for periodic nanostructures. It is possible to structure large areas with one- or two-dimensional gratings. In this experiment the students create a one-dimensional grating with a lattice constant of 400 nm. Afterwards they transfer this grating into a silicon substrate using RIE (reactive ion etching). The aim of this experiment is an advanced comprehension of the potentials and problems of nanostructuring. A laser safety instruction is required.
- d. Photolithography: This experiment introduces students to the methods that are used for the fabrication of microstructures. Each student fabricates his/her own structure using standard photolithography and another one using a lift-off process. During the experiment, students get to know basic clean room techniques as spin coating, exposure and development of photoresist layers, evaporation of metal in a vacuum chamber and etching through a photoresist mask.

10. Optical fiber transmission systems (Department of Electrical Engineering and Information Technology) (3 lab units)

This is a series of 3 labs themed around glass fibers for telecommunication applications:

- a. Backscattering in optical fibers: This module gives an introduction to optical time domain reflectometry. This scheme monitors fiber optical links for changes in transmission quality or locations of damages to the fiber by evaluating backscattered signals. It is an important routine employed by all major telecommunication companies to check the integrity of optical links.
- b. Simulation of optical transmitters: In this module intensity- and phase-modulated 40 Gbit/s optical signals are generated, transmitted and received in a simulated environment (Rsoft OPTSIM). Virtually all electrical and optical phenomena in communication networks can be simulated with this software. It is a valuable tool for cost-efficiently designing and testing new network components before actually employing them in real networks.
- c. Characterization of an optical transmission system: A complete 622 Mbit/s fiber-optical-transmission system will be set up and operated. Important parameters and quantities in ensuring error-free transmission such as eye-diagrams, Q factors and bit-error-rates BER are defined, measured and analyzed.

11. Integrated Optics (Department of Electrical Engineering and Information Technology) (2 lab units)

This is a series of 2 labs concerned with integrated optics:

- a. BPM-simulations of integrated waveguides: High refractive index contrast waveguides are used in integrated optical devices. Typical single mode planar and stripe waveguides are designed and characterized by beam propagation simulations with an industrial-standard high-frequency design-suite. This gives a graphic understanding of the actual transmission of light as an electromagnetic wave, extension of optical fields and of what is meant by “optical mode”.
- b. Ring resonator filters: Ring resonator waveguide structures are useful for adding or dropping information in networks switches. Their principle of operation is investigated with a microwave-frequency plug-and-play model (10 GHz). Transmission and filtering properties are then experimentally verified with a network analyzer. Finally, finite-element-simulations are performed for visualization and a cross-check with theory.

12. Optics Design Lab (Department of Electrical Engineering and Information Technology) (5 lab units):

This lab is done at five consecutive afternoons. During this course the students will learn the use of the optic design tool OSLO. It is strongly recommended to attend the lecture “Optical Engineering” before or during this lab course. The course comprises the following exercises:

- Simulation of simple optical systems (glasses, magnifying-glass, microscope, binoculars, telescope)
- Aberrations (spherical, chromatic, astigmatism)
- Evaluation of picture quality of optical systems (aberrations, PSF, MTF)
- Computer aided optimization of complex optical systems (system optimization, tolerancing)

13. The following two labs are offered by the IMT at the Forschungszentrum Karlsruhe. In addition to the very interesting labs itself, the student will have the opportunity to gain some insight into this large facility. Transport is possible via the KIT shuttle bus, but must be organized by the students themselves (2 lab units).

- a. Optical fibres: In the lab course the students will be trained in optical fibers by hands-on experiments. After a short oral introduction the students will cut and cleave fibres and examine the fibre end face. Experiments will be done to characterize the far and near field behaviour of different fibres, coupling efficiencies will be determined. Students have to demonstrate the difference of fibres in numerical aperture and the difference between multi mode and single mode fibres.
- b. Microspectrometer: In the lab course the students will be trained in the principles and set-up of a micro spectrometer by hands-on experiments. After a short oral introduction the students will familiarize themselves with the set-up for cleaving cut and the structures of the

micro spectrometer. They will assemble and characterize a micro spectrometer.

14. Femtosecond Spectroscopy in solution (Department of Chemistry) (2 lab units)

The aim of this lab course is to provide the necessary basics to perform ultrafast spectroscopy experiments in the visible and near-infrared region with laser pulses of about 20 femtosecond duration. A home-built Ti:sapphire femtosecond oscillator will be set up and used. Laser pulses will be characterized by determining the time-bandwidth product and/ or recording the impulsive rise in the transient response of a dye molecule after absorption and photoexcitation to its electronically excited state. Femtosecond laser pulses will then be used to investigate the photodynamics of the dye molecule DTTCl in a polar solvent by recording its time-resolved response after photoabsorption.

Learning targets/skills:

In this course the students will get a first hands-on experience in basic optics and measurement techniques. Students will be expected to have a basic understanding of the underlying theories, good skills in building up and dealing with optical systems, and the ability to summary their measurements and results in a clear and concise report.

Pre-requisites:

Prerequisites vary from experiment to experiment. Indispensable is a basic knowledge of optics, some experience in semiconductors is favourable for some of the experiments. Students have to prepare for each experiment by impropriating the required knowledge afore by means of preparation material.

Teaching Method:

The main focus of this course lays on laboratory work. Before starting the experiments the students are checked about the underlying theories in a short interview. Students have to generate an experiment report/data interpretation of their measurements.

Course structure	Lectures	0 SWS	Lab courses	4 SWS
	Exercises	0 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

Dep. of Physics	interview	33 %
	lab work	33 %
	experiment report/data interpretation	33 %
Dep. of Elec. Eng.	interview/lab work	50 %
	experiment report /closing meeting	50 %
Dep. of Mech. Eng.	lab work	70 %
	experiment report/data interpretation	30 %

Course material:

For each experiment there exists a short description of the experiment, the exercises that have to be handled and a detailed description of the underlying theories. This material will be handed out about one week prior to the lab by the respective lab supervisor.

Literature:

To supplement the preparation material, students are expected to access the library.

Contact:

Department of Physics

Name: Prof. Dr. rer. nat. Claus Klingshirn (course 1-7)

Tel.: 0721 / 608-3410

E-mail: claus.klingshirn@physik.uni-karlsruhe.de

Name: Dr. Christoph Sürgers (course 5-7)

Tel.: 0721 / 608-3456

E-mail: christoph.suergers@physik.uni-karlsruhe.de

Department of Electrical Engineering and Information Technology

Name: Prof. Dr. rer. nat. Uli Lemmer (course 8-15)

Tel.: 0721 / 608-2530

E-mail: uli.lemmer@lti.uni-karlsruhe.de

Name: Jingshi Li (course 16-23)

Tel.: 0721 / 608-2496

E-mail: jing-shi.li@ihq.uni-karlsruhe.de

Name: Dr. Wilhelm Stork

Tel.: 0721 / 608-2510

E-mail: stork@itiv.uni-karlsruhe.de

Department of Mechanical Engineering

Name: Dr. Jürgen Mohr (course 25,26)

Tel.: 07247 / 82-4433

E-mail: Mohr@imt.fzk.de

Name: Dr. Heiko Kubach (course 27,28)

Tel.: 0721 / 608-3636

E-mail: heiko.kubach@ifkm.uka.de

4.4 Additive key competencies

4.4.1 European Integration and Institutional Studies (Jean Monnet Circle Seminar)

Lecturer:

Prof. Dr. Caroline Y. Robertson-von Trotha et al.

Content:

The Jean Monnet Circle Seminar “European Integration and Identity Studies” offers a basic introduction into the major social, political, cultural, and economic developments in Europe and its interrelation with the process of globalization and European integration. All topics are presented by alternating experts from different universities and institutions.

The seminar addresses the following topics:

- The Cultural Foundation of Europe: Socio - historical Backgrounds of a Political Success Story (Dr. Hansjörg Frommer, Karlsruhe)
- The European Union: Institutional Design, Democratic Deficit and Options of Reform (Dipl. - Pol. Monika Oberle, PH Karlsruhe, Politikwiss.)
- Judicial Aspects of European Integration (Ass. jur. Simone Traub)
- Economic Aspects of European Integration (Prof. Jan Kowalski, IWW KIT)
- European Public Sphere: Communication, Media, Knowledge Society (Prof. Thomas Wägenbaur, Universität Bruchsal)
- Identity and Diversity: Unity in Diversity as a European Vision (Prof. Caroline Y. Robertson - von Trotha, ZAK KIT)
- Europe Seen From the Outside: Europe and its Role in the World (Prof. Dirk Wentzel, HS Pforzheim, Jean Monnet Chair)

Course objectives:

The Jean Monnet Circle Seminar “European Institutions and Identity Studies” offers a basic introduction into the major social, political, cultural and economic developments in Europe and its interrelation with the process of globalization and European integration.

Learning targets/skills:

The students will be sensitized to questions on European identity and integration from an interdisciplinary perspective.

Pre-requisites:

Fluency in English

Teaching Method:

lectures, discussions, exercises

Course structure	Lectures	1 SWS	Lab courses	0 SWS
	Exercises	1 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

	written	oral
participation during course	%	%
case study	%	%
project work	%	%
exam	%	%
paper	100 %	%

Course material:

Jean Monnet Circle Seminar – Guidebook, materials given by respective lecturer

Literature:

Relevant literature will be referred to through the respective lecturer.

Dates:

Fr 29.10.2010 (Frommer)
Fr 12.11.2010 (Oberle)
Fr 26.11.2010 (Traub)
Fr 10.12.2010 (Robertson von Trotha)
Fr 17.12.2010 (Wägenbaur)
Fr 14.01.2011 (Kowalski)
Fr 28.01.2011 (Wentzel)

Time: 14.00 – 17:30, building 01.93, SR1.OG, Kronenstr. 32.

Please register from October 13, 12:00 on at www.zak.kit.edu.

Contact:

Name: Dr. Editha Marquardt
Tel.: 0721 / 608 5898
E-mail: editha.marquardt@zak.uni-karlsruhe.de

4.4.2 Visual Culture

Lecturer:

Prof. Dr. Thomas Wägenbaur

Content:

This course will cover both, an introduction to visual communication and visual culture.

Visual communication on the one hand involves the understanding of the perception of visual messages as well as their production. We will go into the evolution and neurology of the human perceptual apparatus, examine what the cognitive sciences can tell us about vision that we are not aware of from our common sense notion of

vision, and we will compare natural to computer vision. Topics for further analysis will range from advertising to art, covering all visual media from graffiti to photography, from film to pixel design.

Visual culture on the other hand discusses socially and culturally determined ways in which we view and accordingly reproduce visual communication. We will explore visual identity formation – call it image management, body-building or plastic surgery – ethnic and gender biases, virtuality, and the global visual culture in the making.

Course objectives:

- Acquire basic knowledge about the nature of human vision vs. computer vision
- Understand the basic functions of visuals in mass communication
- Become aware of visualization skills, their purpose and effect.
- Develop an informed sensitivity towards the general impact of visuals on the individual and society.
- Understand the intuitive processes of becoming visually literate.
- Learn how to relate concepts in the psychology of perception, cognition and aesthetics to practical photo-composition, layout and design.
- Achieve a critical awareness about cross-cultural and cross-gender dimensions of visual stereotypes.
- Acquire a semiotic sensitivity for visual codes and aesthetics, critically and creatively applied.

Pre-requisites:

Fluency in English

Course structure	Lectures	1 SWS	Lab courses	0 SWS
	Exercises	1 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

	written	oral
participation during course	%	20 %
case study	30 %	%
project work	50 %	%
exam	%	%

Date & Time

The course takes place in the semester break, on February 18 – 19, 2011, 10:00 – 18:00 in building 01.93, SR 1.OG, Kronenstr. 32. **Please register from October 13, 12:00 on at www.zak.kit.edu.**

Contact:

Name: Thomas Waegenbaur
Tel.: 07251 / 700420
E-mail: thomas.waegenbaur@i-u.de

4.4.3 Business Development of Innovations in Optics & Photonics

Lecturer:

Dr. sc. nat. Michael Kaschke

The seminar will be held at the LTI in close cooperation with the Carl Zeiss AG.

Content:

The student is expected to gain an understanding how innovative concepts for optical and photonics products are transferred into a successful business development. The process is explained on a current example Head Mounted Display (Cinemizer) out of the New Venture Business of Carl Zeiss. More information on the Cinemizer is available at <http://www.zeiss.de/cinemizer> The students are given an introduction into areas like intellectual property, data base research, business plan development project design a.o. Equal emphasis is placed on relevant technology aspects. Students will work in small groups to develop business cases, the best of which will receive an award.

The number of participants for this seminar is limited to 16. Please register until October 15, 2010. Successful applicants will be informed by October 16, 2010.

Date & Time

The seminar is scheduled regularly for Mo. 9:45-11:15 and occasionally on Fridays.

Detailed seminar schedule:

18. Oct.; 25. Oct.; 29. Oct.; 8. Nov.; 15. Nov.; 22. Nov.; 29. Nov.; 6. Dez; 13. Dez.; 20. Dez.; 10. Jan.; 17. Jan; 24. Jan. (Excursion to Zeiss AG);

Contact:

Name: M. Eng., Dipl.-Ing. (FH) Christoph Kaiser

Tel.: 0721 / 608 8141

E-Mail: christoph.kaiser2@kit.edu

5.	2. Semester: Core Subjects	29 CP
-----------	-----------------------------------	--------------

5.1 Compulsory Courses

5.1.1 Spectroscopic Methods

Lecturers:

Prof. Dr. rer. nat. Manfred Kappes
Dr. Oliver Hampe

Content:

This core course provides an overview of laser-based tools presently used in advanced molecular spectroscopy, as well as examples of the current research which is enabled by them. The focus will be on fluorescence and Raman spectroscopies. Topics covered will also include photodissociation and photoionization. Additionally, various experimental techniques used to ensure well-defined samples will be discussed.

Course objectives:

The course will make students familiar with theoretical principles, instrumental aspects, sensitivity limitations and possible applications of several commonly used state-of-the-art molecular spectroscopy methods.

Learning targets/skills:

The course will enable students to follow research literature in those areas of molecular spectroscopy pertaining to the methods discussed. It will also provide background for a masters thesis in the field of advanced spectroscopy.

Pre-requisites:

The students should have had some exposure to introductory physical chemistry including the basics of molecular spectroscopy.

Teaching Method:

The lectures will be mostly given in the form of presentations.

Course structure	Lectures	2 SWS	Lab courses	0 SWS
	Exercises	0 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

	written	oral
participation during course	%	%
case study	%	%
project work	%	%
exam	100 %	%

Course material:

The slides of the presentations will be available online.

Literature:

References to research publications in online journals accessible via the internet will be given.

Contact:

Name: Prof. Dr. rer. nat. Manfred Kappes

Tel.: 0721 / 608-2094

E-mail: manfred.kappes@chemie.uni-karlsruhe.de

5.1.2 Theoretical Optics

Lecturer:

Prof. Dr. rer. nat. Kurt Busch

Content:

This course will give an introduction into methods and results of theoretical optics with an emphasis on interference and coherence both on the classical and quantum level. After a brief review of essential elements of classical electromagnetism, the central aspects of diffraction theory, holography, and classical coherence theory will be developed. This will be followed by an introduction to the quantum theory of the electromagnetic field and light-matter interaction.

Course objectives:

The objective of this course is to provide a detailed theoretical understanding of the concepts that have been presented in the compulsory courses of the 1st semester as well as to provide the foundation for several of the elective courses of the 3rd semester.

Learning targets/skills:

The target for the students is to develop a solid knowledge of the field of theoretical optics that allows them in their future careers to assess and employ developments that originate from the recent, present and future research literature. In addition, the students will develop the skills to modify and adapt the results of this course and related results to their research needs as well as to independently conceive and realize extensions of this material.

Pre-requisites:

Solid mathematical background, good knowledge of classical electromagnetism and some familiarity with quantum mechanics.

Teaching Method:

The course will mainly be conducted as a traditional blackboard presentation. Certain contents that involve complex drawings and graphics as well as visualizations (and movies) will be presented via power-point slides. These slides will also be available on the courses' webpage.

Course structure	Lectures	2 SWS	Lab courses	0 SWS
	Exercises	1 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

	written	oral
participation during course	%	%
case study	%	%
project work	%	%
exam	%	100 %

Course material:

Additional material such as drawings, graphics, visualizations and movies will be available via the courses' webpage.

Literature:

Hartmann Römer: Theoretical Optics, Wiley-VCH (2005).

Mandel and Wolf: Optical Coherence and Quantum Optics, Cambridge University Press (1995)

Contact:

Name: Prof. Dr. rer. nat. Kurt Busch
Tel.: 0721 / 608-6054
E-mail: kurt@tfp.uni-karlsruhe.de

5.1.3 Optoelectronic Components

Lecturer:

Prof. Dr. Dr. h.c. Wolfgang Freude

Content:

The course exploits results from electromagnetic field theory (wave propagation in light waveguides), solid-state physics (laser diodes, LED, and photodiodes), and electronics (receivers, limitations by noise).

The following selection of topics will be presented:

- Light waveguides: Wave propagation, slab waveguides, strip waveguides, fibre waveguides
- Light sources: Luminescence and laser radiation, luminescent diodes, laser diodes, stationary and dynamic behaviour
- Receivers: PIN photodiodes, electronic amplifiers, noise

Course objectives:

Lightwave technology developed over the last 25 years has greatly influenced our needs for communication. Most spectacular is the explosion in internet traffic. The course presents a selection from the following topics relevant for optical communications: Electromagnetic field theory (wave propagation in single-mode light waveguides), solid-state physics (laser diodes, LED, and photodiodes), and electronics (receivers, limitations by noise).

Learning targets/skills:

The knowledge presented is of paramount importance in comprehending the physical layer of optical communication systems. It is this very basic understanding which enables a designer to read a device's data sheet, to make most of its favourite properties, and to avoid hitting its limitations.

Pre-requisites:

Some minimal background is required: Calculus, differential equations, Fourier transforms and p-n junction physics. Electrodynamics and field calculations or similar course on electrodynamics is recommended as well as course on semiconductor devices and electronics.

Teaching Method:

PowerPoint presentation. If required, supplementary explanations are given using the blackboard.

Course structure	Lectures	2 SWS	Lab courses	0.0 h
	Exercises	1 SWS	Project work	0.0 h

Performance Appraisal:

	written	oral
participation during course	%	10 %
case study	%	%
project work	%	%
exam	%	90 %

Course material:

Detailed lecture notes as well as the presentation slides can be downloaded from the IHQ homepage:

http://www.ihq.uni-karlsruhe.de/studies/index_en.htm

Literature:

Agrawal, G. P.: Lightwave technology. Vol. 1: Components and devices. Vol. ,2: Telecommunication systems. Hoboken: John Wiley & Sons 2004

Freude, W.: Vielmodenfasern (Multimode fibres). In: Voges, E.; Petermann, K. (Eds.), Optische Kommunikationstechnik. Handbuch für Wissenschaft und Industrie (Handbook of optical communications). Springer-Verlag, Berlin 2002, pp. 214--260. In German

Ghatak, A.; Thyagarajan, K.: Introduction to fiber optics. Cambridge: University Press 1998

Grau, G.; Freude, W.: Optische Nachrichtentechnik, 3. Ed. Berlin: Springer-Verlag 1991. In German. Since 1997 out of print. Corrected reprint from University Karlsruhe 2006, available via W. F. (W.Freude@ihq.uni-karlsruhe.de)

Hecht, J.: Understanding fiber optics, 4. Ed. Upper Saddle River: Prentice Hall 2002

Iizuka, K.: Elements of photonics, Vol. I and II. New York: John Wiley & Sons 2002

Singh, J.: Physics of semiconductors and their heterostructures. New York: McGraw-Hill 1993

Contact:

Name: Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Wolfgang Freude
Tel.: 0721 / 608-2492
E-mail: W.Freude@ihq.uni-karlsruhe.de

5.1.4 Nonlinear Optics

Lecturer:

Prof. Dr. sc. nat. Jürg Leuthold

Content:

The following selection of topics will be presented:

- The Maxwell equations in nonlinear optics
 - In a crystal,
 - In the fibre,
 - In a medium with gain/absorber
- The nonlinear effects in a glance:
 - Parametric and non-parametric processes
 - Nonlinear effects of 1st, 2nd, 3rd order
- The nonlinear optical susceptibility:
 - The Lorentz model,
 - Physical characteristics of the susceptibility,
 - The Kramers Kronig relations

- Second-harmonic generation:
 - conversion efficiency,
 - phase-matching
- The electro-optical effect and the electro-optical modulator,
- Acoustic-optical modulators
- Third order nonlinear effects
- Nonlinear effects in semiconductors
- Nonlinear effects in optical fibres

Course objectives:

The course aims at providing an overview on the physics of nonlinear effects and its principles. It also gives an overview on the various nonlinear effects encountered in modern optics.

Learning targets/skills:

The student is aware of all nonlinear effects that may impact an experiment and knows to exploit them on his advantage.

Pre-requisites:

Some understanding of linear optics

Teaching Method:

Lectures and tutorials as well as direct interaction via discussions

Course structure	Lectures	2 SWS	Lab courses	0 SWS
	Exercises	1 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

	written	oral
participation during course	%	10 %
case study	%	%
project work	%	%
exam	%	90 %

Course material:

Lecture notes can be downloaded from homepage
http://www.ihq.uni-karlsruhe.de/studies/index_en.htm

Literature:

Y. Guo, C.K. Kao, E.H. Li und K.S. Chiang; "Nonlinear Photonics"; Springer-Verlag, 2002

R. Boyd, Nonlinear Optics (Academic Press, New York, 1992)

Contact:

Name: Prof. Dr. sc. nat. Jürg Leuthold
Tel.: 0721 / 608-2480
E-mail: j.leuthold@ihq.uni-karlsruhe.de

5.1.5 Microoptics and Lithography

Lecturer:

Prof. Dr. rer. nat. Volker Saile

Content:

Microoptical components are key elements for a large variety of technical systems, ranging from applications in medicine, in chemical analysis, and in projection systems to consumer products, just to name a few. The course gives an introduction into the basics of microsystems technology, in particular also to lithographic pattern transfer. Finally entire microsystems are presented and their applications are discussed.

Course objectives:

The course will introduce the students to fabrication processes for micro optical components, to microoptical systems, and to applications of such systems.

Learning targets/skills:

The students will be able to understand the basics of microoptics, how to fabricate such systems and what they are good for.

Pre-requisites:

Basic knowledge in optics (optical constants, Maxwell equations, ...)

Teaching Method:

The course will be given in form of presentations supported by multi-media projection.

Course structure	Lectures	2 SWS	Lab courses	0 SWS
	Exercises	0 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

	written	oral
participation during course	0%	0%
case study	0%	0%
project work	0%	0%
exam	100 %	0%

Course material:

Presentations will be distributed as hard copies or online.

Literature:

Microsystem Technology (Wiley), W. Menz, J. Mohr, O. Paul

Microoptics (Wiley), S. Sinzinger, J. Jahns

Contact:

Name: Prof. Dr. rer. nat. Volker Saile

Tel.: 07247 / 82-2740

E-mail: Volker.saile@imt.fzk.de

5.2 Lab Courses

5.2.1 Optics and Photonics Lab II

Lecturers:

Prof. Dr. rer. nat. Claus Klingshirn, Dr. Christoph Sürgers (Department of Physics)

Prof. Dr. rer. nat. Uli Lemmer and Jingshi Li (Department of Electrical Engineering and Information Technology)

Dr. Jürgen Mohr and Dr. Heiko Kubach (Department of Mechanical Engineering)

Content:

This laboratory course comprises a series of optical experiments selected from the advanced laboratory courses of the departments of physics, electrical engineering and information technology, and mechanical engineering. The students will amend their theoretical knowledge from the fundamental courses by exploring, e.g., light emitters, high-resolution spectroscopy, interferometers, fiber optics or solar cells. Depending on the usual time required to complete one lab, they award lab units (one lab unit should correspond roughly to $\frac{1}{2}$ day's work). Students have to collect 18 lab units in total over the course of two semesters, of which at least four lab units from the department of physics, at least six lab units from the department of electrical engineering and at least two lab units from the department of mechanical engineering must be chosen. The choice must be made at the beginning of the first semester, so that the students can be registered with the respective department's labs. Upon completion of the whole course, the O&P lab will award 12 credit points (6 per semester).

Course objectives:

15. Crystal Optics (Department of Physics) (2 lab units)

The phenomena of birefringence and polarization are studied, exemplified by the interaction of light with a calcite crystal and other solids. The interpretation of the optical measurements also allows conclusions about the crystal structure.

16. Luminescence (Department of Physics) (2 lab units)
The performance of light emitting diodes and laser diodes is examined during this lab course. It includes fundamentals of pn-junctions, semiconductor optics and spectroscopy.
17. Solar Cells (Department of Physics) (2 lab units)
Silicon solar cells are analyzed by measuring characteristic curves and efficiency factors. The students will get an insight into pn-junctions, semiconductor optics and global energy problems.
18. Semiconductor spectroscopy (Department of Physics) (2 lab units)
By polarization-dependent measurements of absorption and transmission spectra of several two- and three-dimensional semiconductor structures it is possible to extract information of the nature of semiconductors, e.g. excitons, energy gap, dimensions, refractive index.
19. Magneto-optical Kerr effect – MOKE (Department of Physics) (2 lab units)
Measurement of the magnetization of thin films and heterostructures by the MOKE is from great importance for magneto-optical data storage. Polarization and refraction of light, the Kerr-effect and magnetism are the key terms of this course.
20. Zeeman effect (Department of Physics) (2 lab units)
The Zeeman effect of Helium atoms is measured with a grating spectrograph. Fundamental aspects of atomic physics are examined in this course, e.g., selection rules, g-factor, atom-light-interaction, magnetic quantum number.
21. Fabry-Perot interferometer (Department of Physics) (2 lab units)
A Fabry-Perot interferometer allows the determination of optical spectra with very high resolution. The hyperfinestructure spectrum of Tl^{205} is measured with high accuracy considering the dispersion of the spectrometer.
22. Optoelectronics laboratory (Department of Electrical Engineering and Information Technology) (8 lab units)
This is a series of four labs:
 - a. Light Measurement: The light measurement laboratory will deal with the measurement of light intensity distribution, luminous flux and different reflector types. These measurements are typically used to evaluate the performance of luminaries.
 - b. Optics on the Nanoscale: The laboratory is concerning with the theoretical basics and experimental techniques of nanoscale optics like optical antennae. A laser safety instruction is required.
 - c. Compact fluorescent lamps: Compact fluorescent lamps are operated on an electronic gear (ballast). Properties of the lamp as well as those of the ECG are measured, i.e. real and reactive power as functions of the line voltage, luminous flux, dependent on system power, rms, lamp current and line voltage etc.
 - d. Spectroscopy and optical sensor technologies: The monochromator is the basic tool for optical metrology. With a practical experiment the lab

should give an overview of the physical principles and main properties of this instrument. The topics higher orders, optical limitation, diffraction, etc. will be discussed and shown with a simple and open monochromator and Xe-arc lamp. The experiment show also the efforts and drawbacks of the most used optical sensors, the Si-diode and mulitalkali photomultiplier.

23. Nanotechnology laboratory laboratory (Department of Electrical Engineering and Information Technology) (8 lab units)

This lab is limited to a total of 10 participants!

This is a series of four labs. Since most labs will take place in the clean room facilities, a proper clean room introduction is a mandatory part of this course:

- a. E-beam: Electron Beam Microscopy and Electron Beam Lithography (EBL) are standard methods for analyse and fabrication in micro and nanotechnology. The laboratory gives a practical introduction how Electron Beam Microscopy works, where the benefits and limitations are. Also experience of building own nanostructures by electron beam lithography are given.
- b. OLED fabrication: The market of organic light emitting diodes (OLEDs) has attracted a lot of attention over the last couple of years, due to the potential for low cost, light weight and flexible devices. In this practical course we examine the properties of polymer OLEDs, that are to be prepared in a cleanroom environment beforehand. The trainees become familiar with all fabrication steps of solution processed OLEDs and a typical characterization of organic devices.
- c. Interference lithography: Interference lithography is a production method for periodic nanostructures. It is possible to structure large areas with one- or two-dimensional gratings. In this experiment the students create a one-dimensional grating with a lattice constant of 400 nm. Afterwards they transfer this grating into a silicon substrate using RIE (reactive ion etching). The aim of this experiment is an advanced comprehension of the potentials and problems of nanostructuring. A laser safety instruction is required.
- d. Photolithography: This experiment introduces students to the methods that are used for the fabrication of microstructures. Each student fabricates his/her own structure using standard photolithography and another one using a lift-off process. During the experiment, students get to known basic clean room techniques as spin coating, exposure and development of photoresist layers, evaporation of metal in a vacuum chamber and etching through a photoresist mask.

24. Optical fiber transmission systems (Department of Electrical Engineering and Information Technology) (3 lab units)

This is a series of 3 labs themed around glass fibers for telecommunication applications:

- a. Backscattering in optical fibers: This module gives an introduction to optical time domain reflectometry. This scheme monitors fiber optical links for changes in transmission quality or locations of damages to the fiber by evaluating backscattered signals. It is an important routine

employed by all major telecommunication companies to check the integrity of optical links.

- b. Simulation of optical transmitters: In this module intensity- and phase-modulated 40 Gbit/s optical signals are generated, transmitted and received in a simulated environment (Rsoft OPTSIM). Virtually all electrical and optical phenomena in communication networks can be simulated with this software. It is a valuable tool for cost-efficiently designing and testing new network components before actually employing them in real networks.
- c. Characterization of an optical transmission system: A complete 622 Mbit/s fiber-optical-transmission system will be set up and operated. Important parameters and quantities in ensuring error-free transmission such as eye-diagrams, Q factors and bit-error-rates BER are defined, measured and analyzed.

25. Integrated Optics (Department of Electrical Engineering and Information Technology) (2 lab units)

This is a series of 2 labs concerned with integrated optics:

- a. BPM-simulations of integrated waveguides: High refractive index contrast waveguides are used in integrated optical devices. Typical single mode planar and stripe waveguides are designed and characterized by beam propagation simulations with an industrial-standard high-frequency design-suite. This gives a graphic understanding of the actual transmission of light as an electromagnetic wave, extension of optical fields and of what is meant by “optical mode”.
- b. Ring resonator filters: Ring resonator waveguide structures are useful for adding or dropping information in networks switches. Their principle of operation is investigated with a microwave-frequency plug-and-play model (10 GHz). Transmission and filtering properties are then experimentally verified with a network analyzer. Finally, finite-element-simulations are performed for visualization and a cross-check with theory.

26. Optics Design Lab (Department of Electrical Engineering and Information Technology) (5 lab units):

This lab is done at five consecutive afternoons. During this course the students will learn the use of the optic design tool OSLO. It is strongly recommended to attend the lecture “Optical Engineering” before or during this lab course. The course comprises the following exercises:

- Simulation of simple optical systems (glasses, magnifying-glass, microscope, binoculars, telescope)
- Aberrations (spherical, chromatic, astigmatism)
- Evaluation of picture quality of optical systems (aberrations, PSF, MTF)
- Computer aided optimization of complex optical systems (system optimization, tolerancing)

27. The following two labs are offered by the IMT at the Forschungszentrum Karlsruhe. In addition to the very interesting labs itself, the student will have the

opportunity to gain some insight into this large facility. Transport is possible via the KIT shuttle bus, but must be organized by the students themselves (2 lab units).

- a. Optical fibres: In the lab course the students will be trained in optical fibers by hands-on experiments. After a short oral introduction the students will cut and cleave fibres and examine the fibre end face. Experiments will be done to characterize the far and near field behaviour of different fibres, coupling efficiencies will be determined. Students have to demonstrate the difference of fibres in numerical aperture and the difference between multi mode and single mode fibres.
- b. Microspectrometer: In the lab course the students will be trained in the principles and set-up of a micro spectrometer by hands-on experiments. After a short oral introduction the students will familiarize themselves with the set-up for cleaving cut and the structures of the micro spectrometer. They will assemble and characterize a micro spectrometer.

28. Femtosecond Spectroscopy in solution (Department of Chemistry) (2 lab units)

The aim of this lab course is to provide the necessary basics to perform ultrafast spectroscopy experiments in the visible and near-infrared region with laser pulses of about 20 femtosecond duration. A home-built Ti:sapphire femtosecond oscillator will be set up and used. Laser pulses will be characterized by determining the time-bandwidth product and/ or recording the impulsive rise in the transient response of a dye molecule after absorption and photoexcitation to its electronically excited state. Femtosecond laser pulses will then be used to investigate the photodynamics of the dye molecule DTTCl in a polar solvent by recording its time-resolved response after photoabsorption.

Learning targets/skills:

In this course the students will get a first hands-on experience in basic optics and measurement techniques. Students will be expected to have a basic understanding of the underlying theories, good skills in building up and dealing with optical systems, and the ability to summary their measurements and results in a clear and concise report.

Pre-requisites:

Prerequisites vary from experiment to experiment. Indispensable is a basic knowledge of optics, some experience in semiconductors is favourable for some of the experiments. Students have to prepare for each experiment by impropriating the required knowledge afore by means of preparation material.

Teaching Method:

The main focus of this course lays on laboratory work. Before starting the experiments the students are checked about the underlying theories in a short interview. Students have to generate an experiment report/data interpretation of their measurements.

Course structure	Lectures	0 SWS	Lab courses	4 SWS
	Exercises	0 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

Dep. of Physics	interview	33 %
	lab work	33 %
	experiment report/data interpretation	33 %
Dep. of Elec. Eng.	interview/lab work	50 %
	experiment report /closing meeting	50 %
Dep. of Mech. Eng.	lab work	70 %
	experiment report/data interpretation	30 %

Course material:

For each experiment there exists a short description of the experiment, the exercises that have to be handled and a detailed description of the underlying theories. This material will be handed out about one week prior to the lab by the respective lab supervisor.

Literature:

To supplement the preparation material, students are expected to access the library.

Contact:

Department of Physics

Name: Prof. Dr. rer. nat. Claus Klingshirn (course 1-7)

Tel.: 0721 / 608-3410

E-mail: claus.klingshirn@physik.uni-karlsruhe.de

Name: Dr. Christoph Sürgers (course 5-7)

Tel.: 0721 / 608-3456

E-mail: christoph.suergers@physik.uni-karlsruhe.de

Department of Electrical Engineering and Information Technology

Name: Prof. Dr. rer. nat. Uli Lemmer (course 8-15)

Tel.: 0721 / 608-2530

E-mail: uli.lemmer@lti.uni-karlsruhe.de

Name: Jingshi Li (course 16-23)

Tel.: 0721 / 608-2496

E-mail: jing-shi.li@ihq.uni-karlsruhe.de

Name: Dr. Wilhelm Stork

Tel.: 0721 / 608-2510

E-mail: stork@itiv.uni-karlsruhe.de

Department of Mechanical Engineering

Name: Dr. Jürgen Mohr (course 25,26)

Tel.: 07247 / 82-4433

E-mail: Mohr@imt.fzk.de

Name: Dr. Heiko Kubach (course 27,28)

Tel.: 0721 / 608-3636

E-mail: heiko.kubach@ifkm.uka.de

6. 3. Semester: Specialisation	30 CP
---------------------------------------	--------------

6.1 Elective Courses Photonic Materials and Devices

6.1.1 Solid-State Optics

Lecturer:

Prof. Dr. rer. nat. Heinz Kalt

Content:

The course Solid-state Optics offers an in-depth introduction into the optical properties of semiconductors, isolators and metals. The topics covered include

- The propagation of light in matter
- Description of the Light-matter interaction via perturbation theory
- Optical selection rules and basics of group theory
- The Polariton-Concept
- Semiconductors: Wannier-excitons, impurities, band-to-band transitions, low-dimensional semiconductor systems, effects under strong excitation, stimulated emission
- Isolators: Frenkel-excitons, color centers, solid-state lasers
- Metals: Plasmons, real metals, skin effect
- Application of advanced spectroscopic methods: Raman-, Fourier-, Absorption, Luminescence-, Reflection-, nonlinear optical methods

Course objectives:

Through a combination of lectures and exercises, this course will provide an overview of the optical properties of semiconductors, isolators, and metals. While the main ideas and concepts as well as selected applications will be introduced in the lecture, the students will have the opportunity to work on illustrative problems in the form of exercises. This ensures that the students develop a detailed understanding of and competence in the area of the optical properties of solid-state systems.

Learning targets/skills:

The course aims at familiarizing the students with the concepts of quasi-particles as a general concept for the description of the optical properties of seemingly very different materials.

Pre-requisites:

The course introduces those concepts of solid-solid state physics that are required for the description of the optical properties of materials. A good knowledge of optics and electrodynamics as well as basic quantum mechanics is recommended.

Teaching Method:

The lectures will be given in the form of presentations (blackboard and powerpoint) and accompanied by individual and group exercises.

Course structure	Lectures	4 SWS	Lab courses	0 SWS
	Exercises	1 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

	written	oral
participation during course	%	%
case study	%	%
project work	%	%
exam	%	100 %

Course material:

Literature:

A list of relevant literature will be distributed at the beginning of the class.

C.Klingshirn: Semiconductor Optics

F.Wooten: Optical Properties of Solids

P.Yu, M.Cardona: Fundamentals of Semiconductors

Contact:

Name: Prof. Dr. rer. nat. Heinz Kalt

Tel.:0721 / 608-3420

E-mail: heinz.kalt@physik.uni-karlsruhe.de

6.1.2 Field propagation and coherence

Lecturer:

Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Wolfgang Freude

Content:

The following selection of topics will be presented:

- Light waves, modes and rays: Longitudinal and transverse modes, sampling theorem, counting and density of modes (“states”)
- Propagation in multimode waveguides. Near-field and far-field. Impulse response and transfer function. Perturbations and mode coupling. Multimode interference (MMI) coupler. Modal noise (speckle)
- Propagation in homogeneous media: Resolution limit. Non-paraxial and paraxial optics. Gaussian beam. ABCD matrix

- Coherence of optical fields: Coherence function and power spectrum. Polarisation, eigenstates and principal states. Measurement of coherence with interferometers (Mach-Zehnder, Michelson). Self-heterodyne and self-homodyne setups.

Course objectives:

The course presents common aspects of various problems and questions arising in general optics and optical communications: What have counting of modes, density of states and the sampling theorem in common? Where is the relation of propagation in multimode waveguides, mode coupling, MMI and speckles? What can be learned from analyzing propagation in homogeneous media with respect to system theory, antennas, and the resolution limit? Coherence as a general concept comprises coherence in time, in space and in polarisation. What is the implication of complete spatial incoherence? What is the radiation efficiency of a source with a diameter smaller than a wavelength (the mathematical Hertzian dipole, for instance)? When can two incandescent bulbs form an interference pattern in time (textbooks say they can not)? A heterodyne radio receiver is based on a non-stationary interference: Under which conditions does it actually work?

Learning targets/skills:

The knowledge acquired aims at demonstrating in seemingly widely differing topics the common principles of which a student is rarely aware of.

Pre-requisites:

Some minimal background is required: Calculus, differential equations and Fourier transform theory. Electrodynamics and field calculations or a similar course on electrodynamics or optics is recommended.

Teaching Method:

PowerPoint presentation. If required, supplementary explanations are given using the blackboard.

Course structure	Lectures	2 SWS	Lab courses	0 SWS
	Exercises	1 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

	written	oral
participation during course	%	10 %
case study	%	%
project work	%	%
exam	%	90 %

Course material:

Detailed lecture notes as well as the presentation slides can be downloaded from the IHQ homepage:

http://www.ihq.uni-karlsruhe.de/studies/index_en.htm

Literature:

Born, M.; Wolf, E.: Principles of optics, 6. Aufl. Oxford: Pergamon Press 1980

Ebeling, K. J.: Integrierte Optoelektronik, 2. Ed. Berlin: Springer-Verlag 1992 (also in English)

Freude, W.: Vielmodenfasern (Multimode fibres). In: Voges, E.; Petermann, K. (Eds.), Optische Kommunikationstechnik. Handbuch für Wissenschaft und Industrie (Handbook of optical communications). Springer-Verlag, Berlin 2002, pp. 214--260. In German

Ghatak, A.: Optics, 3. Ed. New Delhi: Tata McGraw Hill 2005

Grau, G.; Freude, W.: Optische Nachrichtentechnik, 3. Ed. Berlin: Springer-Verlag 1991. In German. Since 1997 out of print. Corrected reprint from University Karlsruhe 2006, available via W. F. (W.Freude@ihq.uni-karlsruhe.de)

Grau, G. K.: Quantenelektronik. Braunschweig: Vieweg 1978

Hecht, E.: Optics, 2. Ed. Reading: Addison-Wesley 1974

Hecht, J.: Understanding fiber optics, 4. Ed. Upper Saddle River: Prentice Hall 2002

Iizuka, K.: Elements of photonics, Vol. I and II. New York: John Wiley & Sons 2002

Contact:

Name: Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Wolfgang Freude

Tel.: 0721 / 608-2492

E-mail: W.Freude@ihq.uni-karlsruhe.de

6.1.3 Numerical Methods in Photonics

Lecturer:

Prof. Dr. rer. nat. Kurt Busch

Content:

This elective course familiarizes the students to basic methods of numerical analysis that are relevant to computational electrodynamics. Based on this, advanced simulation techniques that are commonly used in the modelling and design of optical and photonic systems will be introduced.

- Basic Methods of Numerical Analysis
 - Systems of linear equations (including sparse systems)
 - Eigen- values and vectors (including sparse systems)
 - Fast Fourier Transform
 - Transfer- and Scattering Matrices
 - Boundary conditions
- Simulation Techniques for Photonic Systems

- Beam Propagation Method (scalar and vectorial)
- Rigorous Coupled Wave Analysis
- Coupled Mode Analysis
- Split-Step Fourier Technique
- Operator-Exponential Methods

Course objectives:

In this course, interested students will expand their basic knowledge on computational electromagnetism such as that obtained in the KSOP compulsory course “Electromagnetics and Numerical Calculation of Fields” to advanced techniques that are commonly used for the analysis of micro- and nano-structured materials, nonlinear wave propagation phenomena and/or coupled system dynamics.

Learning targets/skills:

Students will become acquainted to various simulation techniques for photonic systems so that they will be able to select the most suitable method for a given problem and how to apply it. Through hands-on-exercises, the students will be able to develop their own add-ons and/or modifications to existing codes. In addition, the students will learn to interpret simulation data.

Pre-requisites:

Besides first-year graduate student knowledge of Electrodynamics, Optics and Photonics, this course requires good knowledge in mathematics and some experience in a programming language or computing environment such as C, C++, MatLab or Mathematica.

Teaching Method:

The material is presented in the form of lectures (combination of blackboard and powerpoint presentation) and will be reinforced through exercises (combination of written and programming problems)

Course structure	Lectures	2 SWS	Lab courses	0 SWS
	Exercises	2 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

	written	oral
participation during course	%	%
case study	%	%
project work	%	%
exam	%	100 %

Course material:

Summaries of the lectures will be available through the course website.

Literature:

Numerical Recipes in C/C++: The Art of Scientific Computing, Cambridge University Press

Integrated optics: Design and Modelling, Artech House

Selected research and review articles

Contact:

Name: Prof. Dr. rer. nat. Kurt Busch

Tel.: 0721 / 608-6054

E-mail: kurt@tfp.uni-karlsruhe.de

6.1.4 Advanced Inorganic Materials

Lecturer:

Prof. Dr. rer. nat. Claus Feldmann

Content:

This lecture gives an overview of modern inorganic materials, their synthesis, structure and analytical characterisation. A special focus is on the relevant properties and functionality with concern to emerging technologies and applications. Functional materials included are e.g. phosphors, high-temperature ceramics, color pigments, magnetic pigments, superconductors, fast ion conductors, transparent conductive oxides, zeolithes and metal organic frameworks, and nanostructured materials.

Course objectives:

- Knowledge on modern inorganic materials, properties and applications.
- Critical evaluation of advances and open questions in solid state chemistry and materials science.
- Concepts how develop materials for future applications.

Learning targets/skills:

This elective course is fundamental to an understanding of modern inorganic materials and their application. Students are expected to deal with the relevant concepts of inorganic and solid state chemistry.

Pre-requisites:

Pre-requisit is the content of lectures and courses addressing general and inorganic chemistry. Moreover, fundamental knowledge of closely related disciplines is required. This includes physical chemistry, organic chemistry as well as physics and mathematics.

Teaching Method:

The course consists of lectures and discussion sections.

Course structure	Lectures	2 SWS	Lab courses	0 SWS
	Exercises	0 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

	written	oral
participation during course	%	%
case study	%	%
project work	%	%
exam	100 %	%

Course material:

The text books listed below are available at the library of the university as well as in local book shops.

Literature:

N. N. Greenwood, A. Earnshaw, Chemistry of the Elements, Elsevier, Amsterdam 2003.

J. E. Huheey, E. A. Keiter, R. L. Keiter, Inorganic Chemistry, Wesley, London 1994.

A. R. West, Solid State Chemistry, Wiley, Chichester 2002.

G. Blasse, B. C. Grabmaier, Luminescent Materials, Springer, Berlin 1994.

Contact:

Name: Prof. Dr. rer. nat. Claus Feldmann

Tel.: 0721 / 608-2855

E-mail: feldmann@aac1.uni-karlsruhe.de

6.1.5 Plastic Electronics

Lecturer:

Prof. Dr. rer. nat. Uli Lemmer

Content:

Optical and electronics properties of organic semiconductors, transport in polymeric and small molecule materials, organic light emitting diodes, degradation and packaging, OLED-displays, field effect transistors, photodetectors and solar cells

Course objectives:

Broadening of the materials science and device knowledge of the students.

Learning targets/skills:

A basic understanding of the electronic properties and the fabrication techniques of organic semiconductor devices is worked out. The students should be able to evaluate the specific advantages and problems of these devices compared to their inorganic counterparts.

Pre-requisites:

basic knowledge of semiconductor devices and quantum mechanics

Teaching Method:

Power point presentation, mathematical derivations on the blackboard, selected chapters from textbooks

Course structure	Lectures	2 SWS	Lab courses	0 SWS
	Exercises	0 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

	written	oral
participation during course	%	%
case study	%	%
project work	%	%
exam	%	100 %

Course material:

Handouts are supplied and can be downloaded from web

Literature:

Organic Electroluminescence; Zakya Kafafi, Hideyuki Murata (Taylor & Francis)

Organic Light-Emitting Diodes: Principles, Characteristics, and Processes; Jan Kalinowski Taylor & Francis

Contact:

Name: Prof. Dr. rer. nat. Uli Lemmer
Tel.: 0721 / 608-2530
E-mail: uli.lemmer@lti.uni-karlsruhe.de

6.1.6 Photovoltaics

Lecturer:

Prof. Dr. rer. nat. Uli Lemmer

Content:

Semiconductor basics, crystalline Si solar cells, modelling and optimization, technology of crystalline and thin film solar cells, organic solar cells, third generation photovoltaics, photovoltaic systems, solar thermal power plants

Course objectives:

Introduction into material scientific, economic and device physical issues of photovoltaics.

Learning targets/skills:

A detailed understanding of the technology and device fundamentals of photovoltaic cells is worked out. The students should be able to model all relevant device properties and to evaluate the different competing technologies.

Pre-requisites:

basic knowledge of semiconductor devices, quantum mechanics and thermodynamics

Teaching Method:

Power point presentation, mathematical derivations on the blackboard, selected chapters from textbooks, excursion

Course structure	Lectures	2 SWS	Lab courses	0 SWS
	Exercises	0 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

	written	oral
participation during course	%	%
case study	%	%
project work	%	%
exam	%	100 %

Course material:

Handouts are supplied and can be downloaded from web

Literature:

Photovoltaic Solar Energy Generation, Adolf Goetzberger, Volker U. Hoffmann (Springer Series in Optical Sciences)

Handbook of Photovoltaic Science and Engineering Antonio Luque and Steven Hegedus (Editors) (Wiley)

Contact:

Name: Prof. Dr. rer. nat. Uli Lemmer
Tel.: 0721 / 608-2530
E-mail: uli.lemmer@lti.uni-karlsruhe.de

6.1.7 Optical Communications Systems

Lecturer:

Prof. Dr. sc. nat. Jürg Leuthold

Content:

The following selection of topics will be presented:
Communication Fundamentals (Digital-Analog Conversion, Shannon Law, ...)
Optical Transmitters and Modulation Formats
Networks and Layers
Local Area Networks:
Ethernet, WiFi, WiMax, PPP, ...
Packet Switching, Burst Switching, Circuit-Switching
Internet Protocol: TCP/IP
SONET/SDH, ATM, ...

Course objectives:

The course aims at providing a good understanding of optical communication fundamentals (Analog-Digital Conversion, Shannon Law,..), optical signal modulation, system aspects, network protocols (Ethernet, TCP/IP, SONET, ATM) and a discussion of important network components such as optical routers.

Learning targets/skills:

“Key-Learning-Targets”: Understanding communication networks, components and the physics behind the latest technology applied in local area or in global networks.

Pre-requisites:

Basic background required: Calculus, differential equations, Fourier transforms.

Teaching Method:

Lectures and tutorials as well as direct interaction via discussions.

Course structure	Lectures	2 SWS	Lab courses	0 SWS
	Exercises	1 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

	written	oral
participation during course	%	10 %
case study	%	%
project work	%	%
exam	%	90 %

Course material:

Lecture notes can be downloaded from homepage
http://www.ihq.uni-karlsruhe.de/studies/index_en.htm

Literature:

A. Leon-Garcia, I. Widjaja; "Communication Networks"; Mc Graw-Hill 2004

G.P. Agrawal; "Fiber-Optic Communication Systems"; Wiley Series 1997

S.V. Kartalopoulos; "Understanding SONET/SDH and ATM" IEEE Press 1999

E. Desurvire; "Wiely Survival Guide in Global Telecommunications, Signaling Principles, Network Protocols, and Wireless Systems"; Wiley 2004

Contact:

Name: Prof. Dr. sc. nat. Jürg Leuthold
 Tel.: 0721 / 608-2480
 E-mail: j.leuthold@ihq.uni-karlsruhe.de

6.2 Elective Courses Advanced Spectroscopy

6.2.1 Molecular Spectroscopy

Lecturers:

Prof. Dr. rer. nat. Manfred Kappes

Content:

The elective core course provides a comprehensive overview of the field of molecular spectroscopy. Topics covered will include quantum mechanical foundations, selection rules, rotational-, vibrational- and electronic-spectroscopy as well as nuclear and electron spin resonance.

Course objectives:

The course will make students familiar with the theoretical underpinning of molecular spectroscopy as well as its application to determining geometric structure and to following dynamical change in polyatomic molecules.

Learning targets/skills:

The course will prepare students for specialized reading in the main areas of molecular spectroscopy. It will also provide necessary background for a masters thesis in the field of advanced spectroscopy.

Pre-requisites:

The students should have basic knowledge of quantum mechanics

Teaching Method:

The lectures will be mostly given in the form of presentations. Lengthy mathematical derivations will be given on the board.

Course structure	Lectures	2 SWS	Lab courses	0 SWS
	Exercises	1 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

	written	oral
participation during course	%	%
case study	%	%
project work	%	%
exam	100 %	%

Course material:

The slides of the presentations will be available online.

Literature:

W. Demtröder, "Laser Spectroscopy", 3rd Edition Springer-Verlag, Berlin, 2003 (ISBN 3-540-65225-6)

J.D. Graybeal, „Molecular Spectroscopy“, McGraw-Hill International Editions, New York, 1988 (ISBN 0-07-100449-1)

Contact:

Name: Prof. Dr. rer. nat. Manfred Kappes

Tel.: 0721 / 608-2094

E-mail: manfred.kappes@chemie.uni-karlsruhe.de

6.2.2 Combustion Diagnostics

Lecturers:

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Spicher

Content:

Advanced optical methods play an important role in modern engine research. The elective course “Laser Spectroscopy in Combustion Diagnostics“ gives an overview of current research activities in this field. Amongst others, the lectures will address Particle Image Velocimetry, Laser Doppler Anemometry, Spark Emission Spectroscopy, Laser Induced Fluorescence and Optical Fibre Spectroscopy.

Course objectives:

The course will introduce the students to the theoretical principles, possible applications and perspectives of optical analysis tools in combustion engine research and development.

Learning targets/skills:

The course will enable the students to follow the actual research literature in the field of optical analysis tools in combustion engine development. It will also provide a solid background for the master thesis in this field.

Pre-requisites:

No specific pre-requisites are required. Knowledge in internal combustion engines is desirable.

Teaching Method:

The lectures will be given in the form of presentations.

Course structure	Lectures	2 SWS	Lab courses	0 SWS
	Exercises	0 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

	written	oral
participation during course	%	%
case study	%	%
project work	%	%
exam	100 %	%

Course material:

Printed material, the slides of the presentations will be available online.

Literature:

References to the research publications will be given online.

Contact:

Name: Prof. Dr.-Ing. Ulrich Spicher
Tel.: 0721 / 608-2430
E-mail: ulrich.spicher@ifkm.uni-karlsruhe.de

6.2.3 Nano-Optics (Summer Term 2011 only)

Lecturer:

Priv.-Doz. Dr. Andreas Naber

Content:

The lecture gives an introduction to theory and instrumentation of advanced methods of optical microscopy. Emphasis is laid on far- and near-field optical techniques with an optical resolution capability on a 10- to 100-nm-scale which is well below the principal limit of classical microscopy. Applications from different scientific disciplines are discussed (e.g. single-molecule detection, surface plasmon propagation, near-field optical imaging of biological membranes).

Learning targets/skills:

The lecture shall improve the understanding of general principles in optical microscopy and shall provide the student with a basic knowledge of theory and application areas of modern nanooptical methods.

Pre-requisites:

basics of classical optics

Teaching Method:

Lectures, use of multimedia

Course structure	Lectures	2 SWS	Lab courses	0 SWS
	Exercises	1 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

	written	oral
participation during course	100 %	%
case study	%	%
project work	%	%
exam	%	%

Course material:

A script of the lecture is provided in Portable-Document-Format (PDF) and can be downloaded from an internet web page.

Literature:

Hecht: Optics
Born & Wolf, Principles of Optics

Contact:

Name: Priv.-Doz. Dr. Andreas Naber
Tel.: 0721 / 608-3416
E-mail: andreas.naber@physik.uni-karlsruhe.de

6.2.4 Laser Metrology

Lecturer:

Prof. Dr.-Ing. Manfred Hugenschmidt

Content:

Laser metrology has set new standards in measurement accuracy and allows for new measurement approaches in research and industry. Topics covered in the course include distance and velocity measurement techniques, laser interferometry, Moiré techniques, holography, absorption and scattering measurements as well short pulse laser metrology.

Course objectives:

The course presents the fundamentals of laser metrology and discusses the realization and accuracy of metrology systems used in research and industry.

Learning targets/skills:

The course will enable students to understand the potentials and limitations of laser metrology systems. It will also serve as a basis for performing research in this field.

Pre-requisites:

The student should be familiar with the fundamentals of optics and lasers.

Teaching Method:

The lectures will be given in the form of presentations and will be accompanied by exercises.

Course structure	Lectures	2 SWS	Lab courses	0 SWS
	Exercises	1 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

	written	oral
participation during course	%	%
case study	%	%
project work	%	%
exam	%	100 %

Course material:

The slides of the presentations will be available online.

Literature:

A list of relevant literature will be distributed at the beginning of the class.

Contact:

Name: Prof. Dr.-Ing. Manfred Hugenschmidt

E-mail: hugenschmidt.ma.re@t-online.de

6.2.5 Solid-State Optics

see page 41

6.2.6 Numerical Methods in Photonics

see page 44

6.2.7 Advanced Inorganic Materials

see page 46

6.2.8 Laser Physics

Lecturer:

Dr. Marc Eichhorn

Content:

Not yet available

Teaching Method:

The course consists of lectures and discussion sections.

Course structure	Lectures	2 SWS	Lab courses	0 SWS
	Exercises	1 SWS	Project work	0 SWS

Contact:

Name: Prof. Dr. rer. nat. Dres. rer. pol. h. c. Marc Eichhorn

Tel.: +33 389 / 695370

E-mail: marc.eichhorn@isl.eu

6.3 Elective Courses Biomedical Photonics

6.3.1 Imaging Techniques in Light Microscopy

Lecturer:

Prof. Dr. rer. nat. Martin Bastmeyer

Content:

This course will give an introduction in the basic concepts of biological light microscopy. Topics include: The compound microscope; Imaging modes and contrast techniques; Fluorescence microscopy; Video microscopy; Laser-scanning-microscopy (LSM); Laser tweezers; Fluorescent dyes and proteins; Biological sample preparation; Live cell imaging; Fluorescence-correlation-spectroscopy (FCS); Special techniques (FRET, TIRF, TIRM, etc.); Image processing in biology

Course objectives:

This lecture series is designed to gain familiarity with fundamentals of biological light microscopy and modern fluorescence techniques.

Learning targets/skills:

Students should achieve a basic understanding of basic and modern light microscopy techniques in biological sciences.

Pre-requisites:

The elective course in molecular cell biology is required.

Teaching Method:

The course structure consists of lectures.

Course structure	Lectures	2 SWS	Lab courses	0 SWS
	Exercises	0 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

	written	oral
participation during course	%	%
case study	%	%
project work	%	%
exam	100 %	%

Course material:

Lecture notes, pdf-files of lectures will be available for the students.

Literature:

A.R. Hibbs (2004): Confocal Microscopy for Biologists, Springer

J.B. Pawley (2006): Handbook of Biological Confocal Microscopy, Plenum

R.D. Goldman & D.L. Stpector (2005): Live Cell Imaging, CSH Press

S. Inoue & K. R. Spring (1997): Video Microscopy, Springer

Contact:

Name: Prof. Dr. rer. nat. Martin Bastmeyer

Tel.: 0721 / 608-3085

E-mail: bastmeyer@bio.uka.de

6.3.2 Optics and Vision in Biology

Lecturers:

Prof. Dr. rer. nat. Martin Bastmeyer

Prof. Dr. rer. nat. Peter Nick

Prof. Dr. rer. nat. Doris Wedlich

Dr. Joachim Bentrop

Dipl.-Inform.-Wirt Steffen Lamparter

Content:

This course will give an introduction in optics and vision in Biology. Topics include: Phytochromes in bacteria and plants; Light-driven Ion pumps; Light harvesting complexes and photosynthesis; Molecular biology of phototransduction; Evolution of vision; The compound insect eye; The vertebrate retina; Central visual pathways in Vertebrates; Neurobiology of vision.

Course objectives:

This course consists of a lecture series given by several researchers in biology contributing to the fields of optics and vision. The lectures are designed to gain insight into the peculiarities light processing in biological systems.

Learning targets/skills:

Students should gain a broad overview of the biology of light.

Pre-requisites:

The elective course in molecular cell biology is required.

Teaching Method:

The course structure consists of lectures and accompanying tutorials.

Course structure	Lectures	3 SWS	Lab courses	0 SWS
	Exercises	1 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

	written	oral
participation during course	%	%
case study	%	%
project work	%	%
exam	100 %	%

Course material:

Lecture notes, pdf-files of lectures will be available for the students.

Literature:

Will be given in the course.

Contact:

Name: Prof. Dr. rer. nat. Martin Bastmeyer

Tel.: 0721 / 608-3085

E-mail: bastmeyer@bio.uka.de

6.3.3 Nano-Optics

see page 54

6.3.4 Molecular Cell Biology

Lecturers:

Prof. Dr. rer. nat. Martin Bastmeyer

Dr. Franco Weth

Content:

This course will give an introduction in the basic concepts of molecular cell biology. Topics include: Biomolecules and proteins; Cellbiological techniques; Biomembranes; Molecular genetics; Cell cycle and division; Signal transduction; Intracellular compartments; Cytoskeleton.

Course objectives:

This lecture series is designed to gain familiarity with key cell biological terms. The course is a prerequisite for students specializing in biomedical photonics

Learning targets/skills:

Students should achieve a basic understanding of molecular cell biological concepts and techniques.

Pre-requisites:

No specific prerequisites are required.

Teaching Method:

The course structure consists of lectures.

Course structure	Lectures	2 SWS	Lab courses	0 SWS
	Exercises	0 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

	written	oral
participation during course	%	%
case study	%	%
project work	%	%
exam	100 %	%

Course material:

Lecture notes, pdf-files of lectures will be available for the students.

Literature:

Alberts et al., (2002): Molecular Biology of The Cell, 4th ed. Garland Science

Contact:

Name: Prof. Dr. rer. nat. Martin Bastmeyer

Tel.: 0721 / 608-3085

E-mail: bastmeyer@bio.uka.de

6.3.5 Photochemistry

Lecturers:

Prof. Dr. rer. nat. Joachim Podlech

Content:

The lecture course “photochemistry” will provide an advanced insight into methods and applications of photochemistry. In particular, photochemical reactions and natural and un-natural photosystems will be discussed. The focus will be organic and bioorganic photochemistry, e.g. the excited state, the photosystem, nitrene chemistry, Woodward-Hoffman rules, modern fluorophores.

Course objectives:

To combine knowledge in chemistry, physics and biology to use them for application in optics and photonics.

Learning targets/skills:

The students will be provided with skills enabling them to use photochemical methods for biophotonics/life sciences in addition to applications towards polymer chemistry/material sciences.

Pre-requisites:

Basic chemistry (adjustment course chemistry: AC I+II, OC I+II), basic physical chemistry (PC O, PC I)

Teaching Method:

Mainly blackboard and PowerPoint presentation (available on the Internet).

Course structure	Lectures	2 SWS	Lab courses	0 SWS
	Exercises	0 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

	written	oral
participation during course	0	0
case study	0	0
project work	0	0
exam	100 %	0

Course material:

Course material will be available on the Internet. A script is not intended (so far).

Literature:

Photochemistry (Oxford Chemistry Primers), C. E. Wayne, R. P. Wayne, Oxford University Press, 1996

Photochemie. Konzepte, Methoden, Experimente, D. Wöhrle, M. W. Tausch, W.-D. Stohrer, 2000

Photochemical Key Steps in Organic Synthesis. J. Mattay, A. G. Griesbeck, 1994

Contact:

Name: Prof. Dr. rer. nat. Joachim Podlech

Tel.: 0721 / 608-3209

E-mail: podlech@ioc.uka.de

6.3.6 Laser Physics

see page 56

6.4 Elective Courses Optical Systems

6.4.1 Systems and Software Engineering

Lecturer:

Prof. Dr.-Ing. Klaus D. Müller-Glaser

Content:

The lecture gives an overview of:

Basic structures of embedded micro electronical mechanical optical systems.

Defining the terms Systems Engineering, Hardware Engineering, Software Engineering. The systems engineering process: from product idea to system perspective, mission analysis, functional analysis, system concept, functional and non-functional requirements, specification, project management, system design, system analysis, design reviews, risk assessment, safety and security. Life cycle process models: waterfall model, V-model, spiral model. Alternative solutions in hardware and software and their respective quality, design time and cost models. Quality function deployment. Description methods and computer aided design tools for hardware and software: reactive systems, closed loop control systems, software intensive systems. UML (Unified Modeling Language). System integration and test, rapid prototyping and hardware-in-the-loop tests.

Course objectives:

The course will introduce the students to the principles, methods and tools used to design complex embedded systems.

Learning targets/skills:

The course will enable the student to become a member of a design team for complex embedded systems, having the basic understanding of design activities, required best practices, generating according documentations and implementing and testing hardware and software components

Pre-requisites:

basic knowledge in digital system design, programming languages and computer architectures.

Teaching Method:

the lecture will be given in form of presentations and simple case studies.

Course structure	Lectures	2 SWS	Lab courses	0 SWS
	Exercises	1 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

	written	oral
participation during course	%	%
case study	%	%
project work	%	%
exam	%	100 %

Course material:

all slides available online

Literature:

A list of relevant literature will be distributed at the beginning of the class

Contact:

Name: Prof. Dr.-Ing. Klaus D. Müller-Glaser

Tel.: 0721 / 608-2500

E-mail: kmg@itiv.uni-karlsruhe.de

6.4.2 Machine Vision

Lecturers:

Prof. Dr.-Ing. Christoph Stiller

Content:

Machine Vision is an emerging enabling technology to a broad variety of optical systems. The course Machine Vision provides an overview on modeling of optical systems and visual machine perception. The course will specifically address image formation, multidimensional filters, statistical models for image processing and analysis, image sequence processing, assessment and propagation of uncertainties in machine vision, image operators, pattern recognition, state observers and tracking.

Course objectives:

The course will introduce students to the theory of systems for machine vision and applications thereof.

Learning targets/skills:

The course will provide an overview on methods for machine vision and enable students to follow research literature in this field. It will enable the students to analyze, understand, and design machine vision systems. It will also provide a solid background for the master thesis in this field.

Pre-requisites:

The students should have a profound knowledge measurement and control theory and a fundamental knowledge in statistics and engineering of mechanical or electrical systems.

Teaching Method:

The lectures will be given in the form of presentations that are augmented by lab courses. The lab courses will be conducted in small groups and shall provide on-hands experience with basic methods. Advanced mathematical derivations will be presented step by step on the board.

Course structure	Lectures	3 SWS	Lab courses	1 SWS
	Exercises	0 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

	written	oral
participation during course	%	%
case study	%	%
project work	%	%
exam	%	100 %

Course material:

Script: Slides presented in the course will be available to students as a free pdf. Exercises for preparation of lab courses and solutions will be available online. Image processing framework SW will be provided.

Literature:

References to selected research articles will be provided online.

Contact:

Name: Prof. Dr.-Ing. Christoph Stiller
Tel.: 0721 / 608-2325
E-mail: stiller@mrt.uka.de

6.4.3 Optical Communications Systems

see page 50

6.4.4 Light and Display Engineering

Lecturer:

Prof. Dr. rer. nat. Uli Lemmer

Content:

The following selection of topics will be presented:

- Characterisation of light

- Basic lightning technology principles
- Measuring technique
- Light and colour (brightness, lightness, norm valence, calculations of colour)
- Psychophysics (measurement of psychophysical parameters)
- Refulgence, headlamps, C-planes and other measurement systems

Course objectives:

The first part the course comprises basics in lightning technology. The second part is dedicated to the light and display application in the automotive branch.

Learning targets/skills:

The course will enable the students to understand the visual system, basic parameters of the lightning technology and current display techniques. Further on the student will be able to solve simple lightning exercises and realise a basic optic design.

Pre-requisites:

Basic knowledge in electro-optics and electrical engineering

Teaching Method:

Lectures and tutorials as well as direct interaction via discussions

Course structure	Lectures	2 SWS	Lab courses	0 SWS
	Exercises	1 SWS	Project work	0 SWS

Performance Appraisal:

	written	oral
participation during course	%	%
case study	%	%
project work	%	%
exam	%	100 %

Course material:

Handouts can be downloaded from web

Literature:

Hans-Jürgen Hentschel: Licht und Beleuchtung, Hüthig; Auflage: 5. Auflage (18. Dez. 2001)

Horst Lange: Handbuch für Beleuchtung, 5. Auflage. (1998)

Contact:

Name: Prof. Dr. rer. nat. Uli Lemmer

Tel.: 0721 / 608-2530

E-mail: uli.lemmer@lti.uni-karlsruhe.de

6.4.5 Field propagation and coherence

see page 42

6.4.6 Numerical Methods in Photonics

see page 44

6.4.7 Plastic Electronics

see page 48

6.4.8 Laser Metrology

see page 55

6.4.9 Laser Physics

see page 56

6.5 Additive key competencies

6.5.1 European Integration and Institutional Studies

see page 23

6.5.2 Visual Culture

see page 24

6.5.3 Business Development of Innovations in Optics & Photonics

see page 26

7.	4. Semester: Master Thesis	30 CP
-----------	-----------------------------------	--------------

8. Studien- und Prüfungsordnung (in German)



Amtliche Bekanntmachung

2007

Ausgegeben Karlsruhe, den 31. Mai 2007

Nr. 28

I n h a l t

Seite

Studien- und Prüfungsordnung der Universität Karlsruhe (TH) für den Masterstudiengang „Optics & Photonics“	152
---	------------

Studien- und Prüfungsordnung der Universität Karlsruhe (TH) für den Masterstudiengang „Optics & Photonics“

vom 06.03.2007

Aufgrund von § 34 Abs. 1, Satz 1 des Landeshochschulgesetzes (LHG) vom 1. Januar 2005 hat der Senat der Universität Karlsruhe (TH) am 26.02.2007 die folgende Studien- und Prüfungsordnung für den Masterstudiengang Optics & Photonics beschlossen.

Der Rektor hat seine Zustimmung am 06.03.2007 erteilt.

In dieser Satzung wurde nur die männliche Sprachform gewählt. Alle personenbezogenen Aussagen gelten jedoch stets für Frauen und Männer gleichermaßen.

Inhaltsverzeichnis

I. Allgemeine Bestimmungen

- § 1 Geltungsbereich, Zweck der Prüfung
- § 2 Akademischer Grad
- § 3 Regelstudienzeit, Studienaufbau, Umfang des Lehrangebots, Unterrichtssprache
- § 4 Aufbau der Prüfungen
- § 5 Anmeldung und Zulassung zu den Prüfungen
- § 6 Durchführung von Prüfungen und Erfolgskontrollen
- § 7 Bewertung von Prüfungen und Erfolgskontrollen
- § 8 Erlöschen des Prüfungsanspruchs, Wiederholung von Prüfungen und Erfolgskontrollen
- § 9 Versäumnis, Rücktritt, Täuschung, Ordnungsverstoß
- § 10 Mutterschutz, Elternzeit
- § 11 Masterarbeit
- § 12 Industriepraktikum
- § 13 Zusatzmodule, Zusatzleistungen, Schlüsselqualifikationen
- § 14 Prüfungsausschuss
- § 15 Prüfer und Beisitzer
- § 16 Anrechnung von Studienzeiten, Anerkennung von Studienleistungen und Modulprüfungen

II. Masterprüfung

- § 17 Umfang und Art der Masterprüfung
- § 18 Leistungsnachweise für die Masterprüfung
- § 19 Bestehen der Masterprüfung, Bildung der Gesamtnote
- § 20 Masterzeugnis, Masterurkunde, Transcript of Records and Diploma Supplement

III. Schlussbestimmungen

- § 21 Bescheid über Nicht-Bestehen, Bescheinigung von Prüfungsleistungen
- § 22 Ungültigkeit der Masterprüfung, Entziehung des Mastergrades
- § 23 Einsicht in die Prüfungsakten
- § 24 In-Kraft-Treten

I. Allgemeine Bestimmungen

§ 1 Geltungsbereich, Zweck der Prüfung

(1) Diese Masterprüfungsordnung regelt Studienablauf, Prüfungen und den Abschluss des Studiums im Masterstudiengang Optics & Photonics an der Universität Karlsruhe (TH).

(2) Im Masterstudium sollen die erworbenen wissenschaftlichen Qualifikationen weiter vertieft oder ergänzt werden. Der Kandidat soll in der Lage sein, die wissenschaftlichen Erkenntnisse und Methoden selbstständig anzuwenden und ihre Bedeutung und Reichweite für die Lösung komplexer wissenschaftlicher und gesellschaftlicher Problemstellungen zu bewerten. Die Masterprüfung (§ 17 – 20) bildet den Abschluss dieses Studiengangs, der gemeinsam von der Fakultät für Chemie und Biowissenschaften, der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, der Fakultät für Maschinenbau und der Fakultät für Physik an der Universität Karlsruhe (TH) angeboten wird. Durch die Masterprüfung soll festgestellt werden, ob der Kandidat die für den Übergang in die Berufspraxis grundlegenden wissenschaftlichen Fachkenntnisse besitzt, die Zusammenhänge des Faches Optics & Photonics überblickt und die Fähigkeit besitzt, nach wissenschaftlichen Methoden und Grundsätzen selbstständig zu arbeiten.

§ 2 Akademischer Grad

Aufgrund der bestandenen Masterprüfung wird der akademische Grad „Master of Science“ in Optics & Photonics (abgekürzt: „M.Sc.“) verliehen.

§ 3 Regelstudienzeit, Studienaufbau, Umfang des Lehrangebots, Unterrichtssprache

(1) Die Regelstudienzeit beträgt vier Semester. Sie umfasst Prüfungen und die Masterarbeit.

(2) Die im Studium zu absolvierenden Lehrinhalte sind in Module gegliedert, die jeweils aus einer Lehrveranstaltung oder mehreren, thematisch und zeitlich aufeinander bezogenen Lehrveranstaltungen bestehen. Art, Umfang und Zuordnung der Module zu einem Fach sowie die Möglichkeiten, Module untereinander zu kombinieren, beschreibt der Studienplan.

(3) Der für das Absolvieren von Lehrveranstaltungen und Modulen vorgesehene Arbeitsaufwand wird in Leistungspunkten (Credits) ausgewiesen. Die Maßstäbe für die Zuordnung von Leistungspunkten entsprechen dem ECTS (European Credit Transfer System). Ein Leistungspunkt entspricht einem Arbeitsaufwand von etwa 30 Stunden.

(4) Der Umfang der für den erfolgreichen Abschluss des Studiums erforderlichen Studienleistungen wird in Leistungspunkten gemessen und beträgt insgesamt 120 Leistungspunkte.

(5) Die Verteilung der Leistungspunkte im Studienplan auf die Semester hat in der Regel gleichmäßig zu erfolgen.

(6) Die Unterrichtssprache ist Englisch. Die Studien- und Prüfungsleistungen sind in englischer Sprache zu erbringen.

(7) Das Studium ist gegliedert in eine Einführungs- und Vertiefungsphase im 1. und 2. Semester. Im 3. Semester kann ein Schwerpunkt in „Photonic Materials & Devices“, „Advanced Spectroscopy“, „Biomedical Photonics“ und „Optical Systems“ gewählt werden.

§ 4 Aufbau der Prüfungen

(1) Die Masterprüfung besteht aus einer Masterarbeit und Fachprüfungen, jede der Fachprüfungen aus einer oder mehreren Modulprüfungen, jede Modulprüfung aus einer oder mehreren Lehrveranstaltungsprüfungen. Eine Lehrveranstaltungsprüfung besteht aus mindestens einer Erfolgskontrolle.

(2) Erfolgskontrollen sind:

1. schriftliche Prüfungen,
2. mündliche Prüfungen oder
3. Erfolgskontrollen anderer Art.

Erfolgskontrollen anderer Art sind z.B. Vorträge, Projekte, Fallstudien, Experimente, schriftliche Arbeiten, Berichte, Seminararbeiten und Klausuren, sofern sie nicht als schriftliche oder mündliche Prüfung in der Modul- oder Lehrveranstaltungsbeschreibung im Studienplan ausgewiesen sind.

(3) In der Regel sind mindestens 50% einer Modulprüfung in Form von schriftlichen oder mündlichen Prüfungen (§ 4 Abs. 2, Nr. 1 und 2) abzulegen, die restlichen Prüfungen erfolgen durch Erfolgskontrollen anderer Art (§ 4 Abs. 2, Nr. 3).

§ 5 Anmeldung und Zulassung zu den Prüfungen

(1) Zu Prüfungen wird zugelassen, wer

1. im Masterstudiengang Optics & Photonics an der Universität Karlsruhe (TH) eingeschrieben ist,
2. seinen Prüfungsanspruch in diesem oder einem verwandten Studiengang nicht verloren hat und
3. sich nicht schon in einem solchen Studiengang in einem Prüfungsverfahren befindet.

(2) Die Liste der verwandten Studiengänge gemäß Absatz 1 wird von der Prüfungskommission im Einvernehmen mit den beteiligten Fakultäten beschlossen und aktualisiert.

§ 6 Durchführung von Prüfungen und Erfolgskontrollen

(1) Erfolgskontrollen werden studienbegleitend, in der Regel im Verlauf der Vermittlung der Lehrinhalte der einzelnen Module oder zeitnah danach durchgeführt.

(2) Die Art der Erfolgskontrolle (§ 4 Abs. 2, Nr. 1–3) der einzelnen Lehrveranstaltungen wird von dem Prüfer der betreffenden Lehrveranstaltung in Bezug auf die Lehrinhalte der Lehrveranstaltung und die Lehrziele des Moduls festgelegt. Die Art der Erfolgskontrollen, ihre Häufigkeit, Reihenfolge und Gewichtung, die Bildung der Lehrveranstaltungsnote und der Modulnote sowie der Prüfer müssen mindestens sechs Wochen vor Semesterbeginn bekannt gegeben werden. Im Einvernehmen zwischen Prüfer und Kandidat kann die Art der Erfolgskontrolle auch nachträglich geändert werden. Dabei ist jedoch § 4 Abs. 3 zu berücksichtigen.

(3) Eine schriftlich durchzuführende Prüfung kann auch mündlich, eine mündlich durchzuführende Prüfung kann auch schriftlich abgenommen werden. Diese Änderung muss mindestens sechs Wochen vor der Prüfung bekannt gegeben werden.

(4) Weist ein Kandidat nach, dass er wegen länger andauernder oder ständiger körperlicher Behinderung nicht in der Lage ist, die Erfolgskontrollen ganz oder teilweise in der vorgeschriebenen Form abzulegen, kann der zuständige Prüfungsausschuss – in dringenden Angelegenheiten, deren Erledigung nicht bis zu einer Sitzung des Ausschusses aufgeschoben werden kann, dessen Vorsitzender – gestatten, Erfolgskontrollen in einer anderen Form zu erbringen.

(5) Schriftliche Prüfungen (§ 4 Abs. 2, Nr. 1) sind in der Regel von zwei Prüfern nach § 15 Abs. 2 oder § 15 Abs. 3 zu bewerten. Die Note ergibt sich aus dem arithmetischen Mittel der Einzelbewertungen. Entspricht das arithmetische Mittel keiner der in § 7 Abs. 2, Satz 2 definierten Notenstufen, so ist auf die nächstliegende Notenstufe zu runden. Bei gleichem Abstand ist auf die nächstbessere Notenstufe zu runden. Das Bewertungsverfahren soll sechs Wochen nicht überschreiten. Schriftliche Einzelprüfungen dauern mindestens 60 und höchstens 240 Minuten.

(6) Mündliche Prüfungen (§ 4 Abs. 2, Nr. 2) sind von mehreren Prüfern (Kollegialprüfung) oder von einem Prüfer in Gegenwart eines Beisitzenden als Gruppen- oder Einzelprüfungen abzunehmen und zu bewerten. Vor der Festsetzung der Note hört der Prüfer die anderen an der Kollegialprüfung mitwirkenden Prüfer an. Mündliche Prüfungen dauern in der Regel mindestens 15 Minuten und maximal 45 Minuten pro Kandidat.

(7) Die wesentlichen Gegenstände und Ergebnisse der mündlichen Prüfung in den einzelnen Fächern sind in einem Protokoll festzuhalten. Das Ergebnis der Prüfung ist dem Kandidaten jeweils am Tag der mündlichen Prüfung bekannt zu geben.

(8) Kandidaten, die sich in einem späteren Prüfungszeitraum der gleichen Prüfung unterziehen wollen, werden entsprechend den räumlichen Verhältnissen als Zuhörer bei mündlichen Prüfungen zugelassen. Die Zulassung erstreckt sich nicht auf die Beratung und Bekanntgabe der Prüfungsergebnisse. Aus wichtigen Gründen oder auf Antrag des Kandidaten ist die Zulassung zu versagen.

(9) Für Erfolgskontrollen anderer Art sind angemessene Bearbeitungsfristen einzuräumen und Abgabetermine festzulegen. Dabei ist durch die Art der Aufgabenstellung und durch entsprechende Dokumentation sicherzustellen, dass die erbrachte Studienleistung dem Kandidaten zu-rechenbar ist. Die wesentlichen Gegenstände und Ergebnisse einer solchen Erfolgskontrolle sind in einem Protokoll festzuhalten.

(10) Schriftliche Arbeiten im Rahmen einer Erfolgskontrolle anderer Art haben dabei die folgende Erklärung zu tragen: „Ich versichere wahrheitsgemäß, die Arbeit selbstständig angefertigt, alle benutzten Hilfsmittel vollständig und genau angegeben und alles kenntlich gemacht zu haben, was aus Arbeiten anderer unverändert oder mit Abänderungen entnommen wurde.“ Trägt die Arbeit diese Erklärung nicht, wird diese Arbeit nicht angenommen. Die wesentlichen Gegenstände und Ergebnisse einer solchen Erfolgskontrolle sind in einem Protokoll festzuhalten.

(11) Bei mündlich durchgeführten Erfolgskontrollen anderer Art muss neben dem Prüfer ein Beisitzer anwesend sein, der zusätzlich zum Prüfer die Protokolle zeichnet.

§ 7 Bewertung von Prüfungen und Erfolgskontrollen

(1) Das Ergebnis einer Erfolgskontrolle wird von den jeweiligen Prüfern in Form einer Note festgesetzt.

(2) Im Masterzeugnis dürfen nur folgende Noten verwendet werden:

1 =	„sehr gut“ (very good)	für eine hervorragende Leistung;
2 =	„gut“ (good)	für eine Leistung, die erheblich über den durchschnittlichen Anforderungen liegt;
3 =	„befriedigend“ (satisfactory)	für eine Leistung, die durchschnittlichen Anforderungen entspricht;
4 =	„ausreichend“ (sufficient)	für eine Leistung, die trotz ihrer Mängel noch den Anforderungen genügt;
5 =	„nicht ausreichend“ (failed)	für eine Leistung, die wegen erheblicher Mängel den Anforderungen nicht mehr genügt.

Für die Masterarbeit und die Lehrveranstaltungsprüfungen sind zur differenzierten Bewertung nur folgende Noten zugelassen:

- 1.0, 1.3 (sehr gut),
- 1.7, 2.0, 2.3 (gut),
- 2.7, 3.0, 3.3 (befriedigend),
- 3.7, 4.0 (ausreichend) und
- 4.7, 5.0 (nicht ausreichend).

Diese Noten müssen in den Protokollen und in den Anlagen (Transcript of Records und Diploma Supplement) verwendet werden.

(3) Für Leistungsnachweise kann im Studienplan die Benotung mit „bestanden“ (passed) oder „nicht bestanden“ (failed) vorgesehen werden.

(4) Bei der Bildung der gewichteten Durchschnitte der Fachnoten, Modulnoten und der Gesamtnote wird nur die erste Dezimalstelle hinter dem Komma berücksichtigt; alle weiteren Stellen werden ohne Rundung gestrichen.

(5) Jedes Modul, jede Lehrveranstaltung und jede Erfolgskontrolle darf jeweils nur einmal angerechnet werden. Module, Lehrveranstaltungen oder Erfolgskontrollen, die bereits in einem Bachelorstudiengang angerechnet wurden, dürfen in diesem Studiengang nicht noch einmal geprüft und angerechnet werden.

(6) Erfolgskontrollen können in Form von Leistungsnachweisen dokumentiert werden. Leistungsnachweise dürfen in Lehrveranstaltungsprüfungen oder Modulprüfungen nur eingerechnet werden, wenn die Benotung nicht nach § 7 Abs. 3 erfolgt ist. Die durch Leistungsnachweise zu dokumentierenden Erfolgskontrollen und die daran geknüpften Bedingungen werden im Studienplan festgelegt.

(7) Eine Lehrveranstaltungsprüfung ist bestanden, wenn die Note mindestens „ausreichend“ (4.0) ist.

(8) Eine Modulprüfung ist dann bestanden, wenn die Modulnote mindestens „ausreichend“ (4.0) ist und alle Modulteilprüfungen bestanden sind. Die Modulprüfung und die Bildung der Modulnote werden im Studienplan geregelt. Die differenzierten Lehrveranstaltungsnoten (§ 7 Abs. 2) sind bei der Berechnung der Modulnoten als Ausgangsdaten zu verwenden. Enthält der Studienplan keine Regelung darüber, wann eine Modulprüfung bestanden ist, so ist diese Modulprüfung dann endgültig nicht bestanden, wenn eine dem Modul zugeordnete Lehrveranstaltungsprüfung endgültig nicht bestanden wurde.

(9) Die Ergebnisse der Modulprüfungen und der Lehrveranstaltungsprüfungen, der Leistungsnachweise und der Masterarbeit sowie die erworbenen Leistungspunkte werden beim Studienbüro der Universität erfasst.

(10) Die Noten der Module eines Faches gehen in die Fachnote mit einem Gewicht proportional zu den ausgewiesenen Leistungspunkten der Module ein. Eine Fachprüfung ist bestanden, wenn die für das Fach erforderliche Anzahl von Leistungspunkten nachgewiesen wird.

(11) Innerhalb der Regelstudienzeit, einschließlich der Urlaubssemester für das Studium an einer ausländischen Hochschule (Regelprüfungszeit), können in einem Fach auch mehr Leistungspunkte erworben werden als für das Bestehen der Fachprüfung erforderlich sind. In diesem Fall werden bei der Festlegung der Fachnote nur die Modulnoten berücksichtigt, die unter Abdeckung der erforderlichen Leistungspunkte die beste Fachnote ergeben, es sei denn, der Kandidat beantragt eine andere Auswahl der erbrachten Prüfungsleistungen.

(12) Die Gesamtnote der Masterprüfung, die Fachnoten und die Modulnoten lauten:

bei einem Durchschnitt bis 1.5	„sehr gut“ (very good),
bei einem Durchschnitt von 1.6 bis 2.5	„gut“ (good),
bei einem Durchschnitt von 2.6 bis 3.5	„befriedigend“ (satisfactory),
bei einem Durchschnitt von 3.6 bis 4.0	„ausreichend“ (sufficient).

(13) Zusätzlich zu den Noten nach § 7 Abs. 2 werden ECTS-Noten für Fachprüfungen, Modulprüfungen und für die Masterprüfung nach folgender Skala vergeben:

ECTS-Note	Quote	Definition
A		gehört zu den besten 10% der Kandidaten, die die Erfolgskontrolle bestanden haben,
B		gehört zu den nächsten 25% der Kandidaten, die die Erfolgskontrolle bestanden haben,

- C gehört zu den nächsten 30% der Kandidaten, die die Erfolgskontrolle bestanden haben,
- D gehört zu den nächsten 25% der Kandidaten, die die Erfolgskontrolle bestanden haben,
- E gehört zu den letzten 10% der Kandidaten, die die Erfolgskontrolle bestanden haben,
- FX *nicht bestanden* (failed) - es sind Verbesserungen erforderlich, bevor die Leistungen anerkannt werden,
- F *nicht bestanden* (failed) - es sind erhebliche Verbesserungen erforderlich.

Die Quote ist als der Prozentsatz der erfolgreichen Kandidaten definiert, die diese Note in der Regel erhalten. Dabei ist von einer mindestens fünfjährigen Datenbasis über mindestens 20 Kandidaten auszugehen. Für die Ermittlung der Notenverteilungen, die für die ECTS-Noten erforderlich sind, ist das Studienbüro der Universität zuständig.

(14) Bis zum Aufbau einer entsprechenden Datenbasis wird als Übergangsregel folgende Abbildung von Noten auf ECTS-Noten zur Bildung dieser Skala für alle Module des Masterstudiengangs herangezogen:

Note ECTS-Note

1.0	A
1.3	A
1.7	B
2.0	B
2.3	B
2.7	C
3.0	C
3.3	C
3.7	D
4.0	E
4.7	FX
5.0	F

Diese Verteilung wird jährlich gleitend über mindestens fünf Jahre mit mindestens 20 Kandidaten jeweils zu Beginn des Studienjahres für jedes Modul, die Fachnoten und die Gesamtnote angepasst und in diesem Studienjahr für die Festsetzung der ECTS-Note verwendet.

§ 8 Erlöschen des Prüfungsanspruchs, Wiederholung von Prüfungen und Erfolgskontrollen

(1) Kandidaten können eine nicht bestandene schriftliche Prüfung (§ 4 Abs. 2, Nr. 1) einmal wiederholen.

(2) Kandidaten können eine nicht bestandene mündliche Prüfung (§ 4 Abs. 2, Nr. 2) einmal wiederholen.

(3) Wiederholungsprüfungen nach Absatz 1 und 2 müssen in Inhalt, Umfang und Form (mündlich oder schriftlich) der ersten entsprechen. Ausnahmen kann der zuständige Prüfungsausschuss auf Antrag zulassen. Fehlversuche an anderen Hochschulen sind anzurechnen.

(4) Die Wiederholung einer Erfolgskontrolle anderer Art (§ 4 Abs. 2, Nr. 3) ist zulässig.

(5) Eine zweite Wiederholung derselben schriftlichen oder mündlichen Prüfung ist nur in Ausnahmefällen zulässig. Ist auch die Wiederholung einer schriftlichen oder mündlichen Prüfung mit nicht ausreichend bewertet worden, so kann der Kandidat einen Antrag an den Rektor auf eine letzte mündliche Prüfung stellen, darüber entscheidet der Rektor. § 6 Abs. 3 findet keine Anwendung auf die letzte mündliche Prüfung. Der Antrag ist über den zuständigen Prüfungsausschuss einzureichen.

- (6) Hat ein Kandidat eine Erfolgskontrolle nicht bestanden, so sind ihm Umfang und Fristen der Wiederholung der Erfolgskontrolle in geeigneter Weise bekannt zu machen.
- (7) Die Wiederholung einer bestandenen Erfolgskontrolle ist nicht zulässig.
- (8) Eine Fachprüfung ist endgültig nicht bestanden, wenn mindestens ein Modul des Faches endgültig nicht bestanden ist.
- (9) Die Masterarbeit kann bei einer Bewertung mit „nicht ausreichend“ einmal wiederholt werden. Eine zweite Wiederholung der Masterarbeit ist ausgeschlossen.
- (10) Ist gemäß § 34 Abs. 2, Satz 3 LHG die Masterprüfung bis zum Beginn der Vorlesungszeit des achten Fachsemesters dieses Studiengangs einschließlich etwaiger Wiederholungen nicht vollständig abgelegt, so erlischt der Prüfungsanspruch im Studiengang, es sei denn, dass der Kandidat die Fristüberschreitung nicht zu vertreten hat. Die Entscheidung darüber trifft der Prüfungsausschuss.

§ 9 Versäumnis, Rücktritt, Täuschung, Ordnungsverstoß

- (1) Um an den Modulprüfungen teilnehmen zu können, muss sich der Kandidat schriftlich oder per Onlineanmeldung beim Studienbüro anmelden. Hierbei sind die gemäß den fachspezifischen Studien- und Prüfungsordnungen für die jeweilige Modulprüfung notwendigen Studienleistungen gemäß § 6 Abs. 3 nachzuweisen. Der Kandidat kann bei schriftlichen Modulprüfungen ohne Angabe von Gründen bis zur Ausgabe der Prüfungsaufgaben zurücktreten. Bei mündlichen Modulprüfungen muss der Rücktritt spätestens drei Werktage vor dem betreffenden Prüfungstermin erklärt werden. Die Abmeldung kann schriftlich bei dem Prüfer oder per Onlineabmeldung beim Studienbüro erfolgen.
- (2) Eine Modulprüfung gilt als nicht ausreichend bewertet, wenn der Kandidat einen Prüfungstermin ohne triftigen Grund versäumt oder wenn er nach Beginn der Prüfung ohne triftigen Grund von der Prüfung zurücktritt. Dasselbe gilt, wenn die Masterarbeit nicht innerhalb der vorgesehenen Bearbeitungszeit erbracht wird, es sei denn, der Kandidat hat die Fristüberschreitung nicht zu vertreten.
- (3) Der für den Rücktritt nach Beginn der Prüfung oder das Versäumnis geltend gemachte Grund muss dem Fachprüfungsausschuss unverzüglich schriftlich angezeigt und glaubhaft gemacht werden. Bei Krankheit des Kandidaten bzw. eines von ihm allein zu versorgenden Kindes oder pflegebedürftigen Angehörigen kann die Vorlage eines ärztlichen Attestes und in Zweifelsfällen ein amtsärztliches Attest verlangt werden. Die Anerkennung des Rücktritts ist ausgeschlossen, wenn bis zum Eintritt des Hinderungsgrundes bereits Prüfungsleistungen erbracht worden sind und nach deren Ergebnis die Prüfung nicht bestanden werden kann. Wird der Grund anerkannt, wird ein neuer Termin anberaumt. Die bereits vorliegenden Prüfungsergebnisse sind in diesem Fall anzurechnen.
- (4) Versucht der Kandidat das Ergebnis seiner Modulprüfung durch Täuschung oder Benutzung nicht zugelassener Hilfsmittel zu beeinflussen, gilt die betreffende Modulprüfung als mit „nicht ausreichend“ (5,0) bewertet. Bei Modulprüfungen, die aus mehreren Prüfungen bestehen, werden die Prüfungsleistungen dieses Moduls, die bis zu einem anerkannten Rücktritt bzw. einem anerkannten Versäumnis einer Prüfungsleistung dieses Moduls erbracht worden sind, angerechnet.
- (5) Ein Kandidat, der den ordnungsgemäßen Ablauf der Prüfung stört, kann von dem jeweiligen Prüfer oder Aufsichtsführenden von der Fortsetzung der Modulprüfung ausgeschlossen werden. In diesem Fall gilt die betreffende Prüfungsleistung als „nicht ausreichend“ (5,0) bewertet. In schwerwiegenden Fällen kann der Fachprüfungsausschuss den Kandidaten von der Erbringung weiterer Prüfungsleistungen ausschließen.
- (6) Der Kandidat kann innerhalb einer Frist von einem Monat verlangen, dass Entscheidungen gemäß Absatz 4 und 5 vom Fachprüfungsausschuss überprüft werden. Belastende Entscheidungen des Fachprüfungsausschusses sind dem Kandidaten unverzüglich schriftlich mitzuteilen. Sie sind zu begründen und mit einer Rechtsbehelfsbelehrung zu versehen. Dem Kandidaten ist vor einer Entscheidung Gelegenheit zur Äußerung zu geben.

(7) Näheres regelt die Allgemeine Satzung der Universität Karlsruhe (TH) zur Redlichkeit bei Prüfungen und Praktika.

§ 10 Mutterschutz, Elternzeit

(1) Auf Antrag eines Kandidaten sind die Mutterschutzfristen, wie sie im jeweils gültigen Gesetz zum Schutz der erwerbstätigen Mutter (MuSchG) festgelegt sind, entsprechend zu berücksichtigen. Dem Antrag sind die erforderlichen Nachweise beizufügen. Die Mutterschutzfristen unterbrechen jede Frist nach dieser Prüfungsordnung. Die Dauer des Mutterschutzes wird nicht in die Frist eingerechnet.

(2) Gleichfalls sind die Fristen der Elternzeit nach Maßgabe des jeweiligen gültigen Gesetzes (BErzGG) auf Antrag zu berücksichtigen. Der Kandidat muss bis spätestens vier Wochen vor dem Zeitpunkt, von dem er die Elternzeit antreten will, dem Fachprüfungsausschuss unter Beifügung der erforderlichen Nachweise schriftlich mitteilen, zu welchem Zeitraum er Elternzeit in Anspruch nehmen will. Der Fachprüfungsausschuss hat zu prüfen, ob die gesetzlichen Voraussetzungen vorliegen, die bei einem Arbeitnehmer den Anspruch nach Elternzeit auslösen würden, und teilt dem Kandidaten das Ergebnis sowie die neu festgesetzten Prüfungszeiten unverzüglich mit. Die Bearbeitungszeit der Masterarbeit kann nicht durch Elternzeit unterbrochen werden. Die gestellte Arbeit gilt als nicht vergeben. Nach Ablauf der Elternzeit erhält der Kandidat ein neues Thema.

§ 11 Masterarbeit

(1) Zum Modul Masterarbeit wird zugelassen, wer die erforderlichen Modulprüfungen erfolgreich erbracht hat. Der Antrag auf Zulassung zur Masterarbeit ist spätestens drei Monate nach Ablegung der letzten Modulprüfung zu stellen. Versäumt der Kandidat diese Frist ohne triftige Gründe, so gilt die Masterarbeit im ersten Versuch als mit „nicht ausreichend“ (5.0) bewertet. Im Übrigen gilt § 16 entsprechend. Auf Antrag des Kandidaten sorgt ausnahmsweise der Vorsitzende des Prüfungsausschusses dafür, dass der Kandidat innerhalb von vier Wochen nach Antragstellung von einem Betreuer ein Thema für die Masterarbeit erhält. Die Ausgabe des Themas erfolgt in diesem Fall über den Vorsitzenden des Prüfungsausschusses.

(2) Die Masterarbeit soll zeigen, dass der Kandidat in der Lage ist, ein Problem aus seinem Fach selbstständig und in der vorgegebenen Zeit nach wissenschaftlichen Methoden, die dem Stand der Forschung entsprechen, zu bearbeiten. Der Masterarbeit werden 30 Leistungspunkte zugeordnet. Die Bearbeitungsdauer beträgt sechs Monate. Die Masterarbeit wird in englischer Sprache geschrieben.

(3) Die Masterarbeit kann von jedem Prüfer nach § 15 Abs. 2 vergeben werden. Soll die Masterarbeit außerhalb der vier nach § 1 Abs. 2, Satz 3 beteiligten Fakultäten angefertigt werden, so bedarf dies der Genehmigung des Prüfungsausschusses. Dem Kandidaten ist Gelegenheit zu geben, für das Thema Vorschläge zu machen. Die Masterarbeit kann auch in Form einer Gruppenarbeit zugelassen werden, wenn der als Prüfungsleistung zu bewertende Beitrag des einzelnen Kandidaten aufgrund objektiver Kriterien, die eine eindeutige Abgrenzung ermöglichen, deutlich unterscheidbar ist und die Anforderung nach § 11 Abs. 2 erfüllt.

(4) Thema, Aufgabenstellung und Umfang der Masterarbeit sind vom Betreuer so zu begrenzen, dass die Masterarbeit mit dem in § 11 Abs. 2 festgelegten Arbeitsaufwand bearbeitet werden kann.

(5) Die Masterarbeit hat die folgende Erklärung zu tragen: „Ich versichere wahrheitsgemäß, die Arbeit selbstständig angefertigt, alle benutzten Hilfsmittel vollständig und genau angegeben und alles kenntlich gemacht zu haben, was aus Arbeiten anderer unverändert oder mit Abänderungen entnommen wurde.“ Wenn diese Erklärung nicht enthalten ist, wird die Arbeit nicht angenommen.

(6) Der Zeitpunkt der Ausgabe des Themas der Masterarbeit und der Zeitpunkt der Abgabe der Masterarbeit sind beim Prüfungsausschuss aktenkundig zu machen. Der Kandidat kann das Thema der Masterarbeit nur einmal und nur innerhalb der ersten zwei Monate der Bearbeitungs-

zeit zurückgeben. Auf begründeten Antrag des Kandidaten kann der Prüfungsausschuss die in § 11 Abs. 2 festgelegte Bearbeitungszeit um höchstens drei Monate verlängern. Wird die Masterarbeit nicht fristgerecht abgeliefert, gilt sie als mit „nicht ausreichend“ bewertet, es sei denn, dass der Kandidat dieses Versäumnis nicht zu vertreten hat. § 10 (Mutterschutz, Elternzeit) gilt entsprechend.

(7) Die Masterarbeit wird von dem Betreuer der Masterarbeit und einem weiteren Prüfer bewertet. Prüfer können gemäß § 50 Abs. 4 Satz 4 UG nur Hochschullehrer sein. Mindestens einer von diesen muss Professor der Universität Karlsruhe (TH) sein. Sie bewerten die Masterarbeit unabhängig voneinander nach der deutschen und der ECTS-Notenskala. Ist die Abweichung der Bewertungen auf der deutschen Notenskala größer als 1.0, holt der Prüfungsausschuss die Bewertung eines weiteren Prüfers ein. Die Note der Masterarbeit nach der deutschen Notenskala bestimmt sich aus dem Durchschnitt der Einzelnoten der deutschen Notenskala. Die ECTS-Note bestimmt sich gemäß § 7 Abs. 13. Der Bewertungszeitraum soll acht Wochen nicht überschreiten.

§ 12 Industriepraktikum

(1) Während des Masterstudiums ist ein achtwöchiges Industriepraktikum abzuleisten, welches geeignet ist, dem Kandidaten eine Anschauung von berufspraktischer Tätigkeit in Optics & Photonics zu vermitteln. Dem Industriepraktikum sind 7 Leistungspunkte, dem Bericht und der Kurzpräsentation sind 5 Leistungspunkte zugeordnet.

(2) Der Kandidat setzt sich in eigener Verantwortung mit geeigneten privaten bzw. öffentlichen Einrichtungen in Verbindung, an denen das Praktikum abgeleistet werden kann. Der Kandidat wird dabei von einem Prüfer nach § 15 Abs. 2 und einem Firmenbetreuer betreut.

(3) Am Ende des Industriepraktikums ist ein kurzer Bericht dem Prüfer abzugeben und eine Kurzpräsentation der Erfahrungen im Industriepraktikum zu halten.

(4) Das Industriepraktikum ist abgeschlossen, wenn eine mindestens achtwöchige Tätigkeit nachgewiesen wird, der Bericht abgegeben und die Kurzpräsentation gehalten wurde. Die Durchführung des Betriebspraktikums ist im Studienplan zu regeln. Das Industriepraktikum geht nicht in die Gesamtnote ein.

§ 13 Zusatzmodule, Zusatzleistungen, Schlüsselqualifikationen

(1) Der Kandidat kann sich weiteren Prüfungen in Modulen unterziehen. § 3 und § 4 der Prüfungsordnung bleiben davon unberührt.

(2) Das Ergebnis maximal zweier Module, die jeweils mindestens 9 Leistungspunkte umfassen müssen, wird auf Antrag des Kandidaten in das Masterzeugnis als Zusatzmodule aufgenommen und als solche gekennzeichnet. Zusatzmodule werden bei der Festsetzung der Gesamtnote nicht mit einbezogen. Alle Zusatzleistungen werden im Transcript of Records automatisch aufgenommen und als Zusatzleistungen gekennzeichnet. Zusatzleistungen werden mit den nach § 7 vorgesehenen Noten gelistet. Diese Zusatzleistungen gehen nicht in die Festsetzung der Gesamt-, Fach- und Modulnoten ein.

(3) Neben den fachwissenschaftlichen Modulen sind Module zu den Schlüsselqualifikationen im Umfang von mindestens 6 Leistungspunkten Bestandteil eines Masterstudiums. Die Vermittlung von Schlüsselqualifikationen kann ein eigenes Modul bilden, sie kann aber auch im Rahmen eines anderen fachwissenschaftlichen Moduls stattfinden. In den fachspezifischen Studien- und Prüfungsordnungen können Empfehlungen ausgesprochen werden, welche Module im Rahmen des Angebots zur Vermittlung von additiven Schlüsselqualifikationen belegt werden sollen.

(4) Im Masterstudiengang Optics & Photonics müssen Kandidaten ein interdisziplinäres Modul, das in Form eines Praktikums organisiert ist, im Umfang von 12 Leistungspunkten absolvieren, das von einem Prüfer nach § 15 Abs. 2 betreut wird.

(5) Im Masterstudiengang Optics & Photonics müssen Kandidaten ein interdisziplinäres Modul, das in Form eines Seminars organisiert ist, im Umfang von 4 Leistungspunkten absolvieren, das von einem Prüfer nach §15 Abs. 2 betreut wird.

(6) Im Masterstudiengang Optics & Photonics müssen Kandidaten ein so genanntes „Adjustment-Modul“ im Umfang von 6 Leistungspunkten absolvieren, das von einem Prüfer nach § 15 Abs. 2 betreut wird. Über den Inhalt, den Umfang oder die Befreiung vom „Adjustment-Modul“ entscheidet der Prüfungsausschuss.

(7) Im Masterstudiengang Optics & Photonics müssen Kandidaten ein forschungsorientiertes Praktikum im Umfang von 4 Leistungspunkten absolvieren, das von einem Prüfer nach § 15 Abs. 2 betreut wird.

§ 14 Prüfungsausschuss

(1) Für den Masterstudiengang Optics & Photonics wird ein Prüfungsausschuss gebildet. Er besteht aus sechs stimmberechtigten Mitgliedern, die jeweils von der Fakultät für Chemie und Biowissenschaften, der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, der Fakultät für Maschinenbau und der Fakultät für Physik bestellt werden: vier Hochschullehrern, zwei Vertretern der Gruppe der wissenschaftlichen Mitarbeiter nach § 10 Abs. 1, Satz 2, Nr. 2 LHG und einem Vertreter der Studierenden mit beratender Stimme. Die Amtszeit der nichtstudentischen Mitglieder beträgt zwei Jahre, die des studentischen Mitglieds ein Jahr. Es muss jede Fakultät stimmberechtigt vertreten sein.

(2) Der Vorsitzende, sein Stellvertreter, die weiteren Mitglieder des Prüfungsausschusses sowie deren Stellvertreter werden von den jeweiligen Fakultätsräten bestellt, die Mitglieder der Gruppe der wissenschaftlichen Mitarbeiter nach § 10 Abs. 1, Satz 2, Nr. 2 LHG und der Vertreter der Studierenden auf Vorschlag der Mitglieder der jeweiligen Gruppe; Wiederbestellung ist möglich. Der Vorsitzende und dessen Stellvertreter müssen Professor oder Juniorprofessor aus einer der beteiligten Fakultäten sein. Der Vorsitz wechselt zwischen den Fakultäten alle zwei Jahre. Der Vorsitzende des Prüfungsausschusses nimmt die laufenden Geschäfte wahr.

(3) Der Prüfungsausschuss regelt die Auslegung und die Umsetzung der Prüfungsordnung in die Prüfungspraxis der Fakultäten. Er achtet darauf, dass die Bestimmungen der Prüfungsordnung eingehalten werden. Er berichtet regelmäßig den Fakultätsräten über die Entwicklung der Prüfungen und Studienzeiten sowie über die Verteilung der Fach- und Gesamtnoten und gibt Anregungen zur Reform des Studienplans und der Prüfungsordnung.

(4) Die Mitglieder des Prüfungsausschusses haben das Recht, der Abnahme von Prüfungen beizuwohnen. Die Mitglieder des Prüfungsausschusses, die Prüfer und die Beisitzenden unterliegen der Amtsverschwiegenheit. Sofern sie nicht im öffentlichen Dienst stehen, sind sie durch den Vorsitzenden zur Verschwiegenheit zu verpflichten.

(5) In Angelegenheiten des Prüfungsausschusses, die eine an einer anderen Fakultät zu absolvierende Prüfungsleistung betreffen, ist auf Antrag eines Mitgliedes des Prüfungsausschusses ein fachlich zuständiger und von der betroffenen Fakultät zu nennender Hochschullehrer hinzuziehen. Er hat in diesem Punkt Stimmrecht.

(6) Belastende Entscheidungen des Prüfungsausschusses sind dem Kandidaten schriftlich mitzuteilen. Sie sind zu begründen und mit einer Rechtsbehelfsbelehrung zu versehen. Widersprüche gegen Entscheidungen des Prüfungsausschusses sind innerhalb eines Monats nach Zugang der Entscheidung schriftlich oder zur Niederschrift an den Prüfungsausschuss zu richten. Hilft der Prüfungsausschuss dem Widerspruch nicht ab, ist er zur Entscheidung dem für die Lehre zuständigen Mitglied des Rektorats vorzulegen.

§ 15 Prüfer und Beisitzer

(1) Der Prüfungsausschuss bestellt die Prüfer und die Beisitzenden. Er kann die Bestellung dem Vorsitzenden übertragen.

(2) Prüfer sind Hochschullehrer und habilitierte Mitglieder sowie wissenschaftliche Mitarbeiter der jeweiligen Fakultät, denen die Prüfungsbefugnis übertragen wurde. Zum Prüfer und Beisitzer darf nur bestellt werden, wer mindestens die dem jeweiligen Prüfungsgegenstand entsprechende fachwissenschaftliche Qualifikation erworben hat. Bei der Bewertung der Masterarbeit muss ein Prüfer Hochschullehrer sein.

(3) Soweit Lehrveranstaltungen von anderen als den unter § 15 Abs. 2 genannten Personen durchgeführt werden, sollen diese zum Prüfer bestellt werden, wenn die jeweilige Fakultät ihnen eine diesbezügliche Prüfungsbefugnis erteilt hat.

(4) Zum Beisitzenden darf nur bestellt werden, wer die entsprechende Masterprüfung oder eine gleichwertige Prüfung abgelegt hat.

§ 16 Anrechnung von Studienzeiten, Anerkennung von Studienleistungen und Modulprüfungen

(1) Studienzeiten, Studienleistungen und Prüfungsleistungen im Masterstudiengang Optics & Photonics an einer Universität oder einer gleichgestellten Hochschule in Deutschland werden angerechnet, sofern Gleichwertigkeit nachgewiesen wird. Studienzeiten, Studienleistungen und Prüfungsleistungen in anderen Studiengängen werden anerkannt, soweit die Gleichwertigkeit festgestellt ist. Die Anerkennung von Teilen der Masterprüfung wird in der Regel versagt, wenn die Anerkennung von mehr als der Hälfte der Leistungspunkte oder mehr als der Hälfte der Modulprüfungen oder die Anerkennung der Masterarbeit beantragt worden ist.

(2) Für Studienzeiten, Studienleistungen und Prüfungsleistungen in staatlich anerkannten Fernstudien gilt § 16 Abs. 1 entsprechend. Das Gleiche gilt außerdem auch für Studienzeiten, Studienleistungen und Prüfungsleistungen an anderen Bildungseinrichtungen, insbesondere an staatlichen oder staatlich anerkannten Berufsakademien sowie an Fach- und Ingenieurschulen.

(3) Über die Gleichwertigkeit von Studien- bzw. Prüfungsleistungen entscheidet der Prüfungsausschuss im Einvernehmen mit dem zuständigen Prüfer. Gleichwertigkeit ist festzustellen, wenn die Studienzeiten, Studienleistungen und Prüfungsleistungen in Inhalt, Umfang und in den Anforderungen denjenigen des entsprechenden Studiums an der Universität Karlsruhe (TH) im Wesentlichen entsprechen. Dabei ist kein schematischer Vergleich, sondern eine Gesamtbetrachtung und Gesamtbewertung vorzunehmen. Bei der Anerkennung von Studienzeiten, Studienleistungen und Prüfungsleistungen, die außerhalb Deutschlands erbracht wurden, sind die von der Kultusministerkonferenz und der Hochschulrektorenkonferenz gebilligten Äquivalenzvereinbarungen sowie Absprachen im Rahmen von Hochschulpartnerschaften zu beachten. Soweit solche nicht vorliegen, kann die Zentralstelle für ausländisches Bildungswesen gehört werden. § 16 Abs. 1, Satz 1 gilt entsprechend.

(4) Der Prüfungsausschuss entscheidet in Abhängigkeit von Art und Umfang der anzurechnenden Studien- und Prüfungsleistungen über die Einstufung in ein höheres Fachsemester.

(5) Werden Studien- und Prüfungsleistungen anerkannt, so werden die Noten im Falle der Vergleichbarkeit der Notensysteme übernommen und entsprechend § 7 in die Berechnung der Gesamtnote einbezogen. Bei unvergleichbaren Notensystemen wird der Vermerk „anerkannt“ aufgenommen. Bei der Berechnung der Gesamtnote wird die entsprechende Leistung ausgeschlossen.

(6) Bei Vorliegen der Voraussetzungen nach § 16 Abs. 1 bis 4 besteht ein Rechtsanspruch auf Anrechnung. Die Anrechnung von Studienzeiten, Studienleistungen und Prüfungsleistungen, die in Deutschland erbracht wurden, erfolgt von Amts wegen. Die Kandidaten haben die für die Anrechnung erforderlichen Unterlagen vorzulegen.

(7) Erbringt ein Kandidat Studienleistungen an einer ausländischen Universität, soll die Gleichwertigkeit vorab durch einen Studienvertrag nach den ECTS-Richtlinien festgestellt und nach diesem verfahren werden.

II. Masterprüfung

§ 17 Umfang und Art der Masterprüfung

(1) Die Masterprüfung besteht aus den Fachprüfungen nach Absatz 2 und der Masterarbeit (§ 11). Innerhalb des Masterstudiengangs ist eine der folgenden vier Vertiefungsrichtungen zu wählen:

- Photonic Materials and Devices,
- Advanced Spectroscopy,
- Biomedical Photonics,
- Optical Systems.

(2) In den ersten beiden Studienjahren sind Fachprüfungen aus folgenden Fächern durch den Nachweis von Leistungspunkten in einem oder mehreren Modulen abzulegen:

1. Engineering Optics & Photonics: im Umfang von 7 Leistungspunkten,
2. Physical Optics & Photonics: im Umfang von 9 Leistungspunkten,
3. Advanced Optics & Photonics – Theory & Materials: im Umfang von 8 Leistungspunkten,
4. Advanced Optics & Photonics – Methods & Components: im Umfang von 10 Leistungspunkten,
5. Vertiefungsrichtung: im Umfang von 12 Leistungspunkten,
6. neben den Fachwissenschaftlichen Modulen sind Module zu den Schlüsselqualifikationen im Umfang von 6 Leistungspunkten nach § 13 Abs. 5. abzulegen.

Die Module, die ihnen zugeordneten Leistungspunkte und die Zuordnung der Module zu den Fächern sind im Studienplan festgelegt. Zur entsprechenden Modulprüfung kann nur zugelassen werden, wer die Anforderungen nach § 5 erfüllt.

(3) Im vierten Semester ist als eine weitere Prüfungsleistung eine Masterarbeit gemäß § 11 anzufertigen.

§ 18 Leistungsnachweise für die Masterprüfung

Voraussetzung für die Anmeldung zur letzten Modulprüfung der Masterprüfung ist die Bescheinigung über das erfolgreich abgeleistete Industriepraktikum nach § 12. In Ausnahmefällen, die der Kandidat nicht zu vertreten hat, kann der Prüfungsausschuss die nachträgliche Vorlage dieses Leistungsnachweises genehmigen.

§ 19 Bestehen der Masterprüfung, Bildung der Gesamtnote

(1) Die Masterprüfung ist bestanden, wenn alle in § 17 genannten Prüfungsleistungen mindestens mit „ausreichend“ bewertet wurden.

(2) Die Gesamtnote der Masterprüfung errechnet sich als ein mit Leistungspunkten gewichteter Notendurchschnitt. Dabei werden alle Prüfungsleistungen nach § 17 mit ihren Leistungspunkten gewichtet.

(3) Hat der Kandidat die Masterarbeit mit der Note 1.0 und die Masterprüfung mit einem Durchschnitt von 1.0 abgeschlossen, so wird das Prädikat „mit Auszeichnung“ (with distinction) verliehen. Mit einer Masterarbeit mit der Note 1.0 und bis zu einem Durchschnitt von 1.3 kann auf Antrag an den Prüfungsausschuss das Prädikat „mit Auszeichnung“ (with distinction) verliehen werden.

§ 20 Masterzeugnis, Masterurkunde, Transcript of Records and Diploma Supplement

(1) Über die Masterprüfung werden nach Bewertung der letzten Prüfungsleistung eine Masterurkunde und ein Zeugnis erstellt. Die Ausfertigung von Masterurkunde und Zeugnis soll nicht später als sechs Wochen nach der Bewertung der letzten Prüfungsleistung erfolgen. Masterurkunde und Masterzeugnis werden in deutscher und englischer Sprache ausgestellt. Masterurkunde und Zeugnis tragen das Datum der erfolgreichen Erbringung der letzten Prüfungsleistung. Sie werden dem Kandidaten gleichzeitig ausgehändigt. In der Masterurkunde wird die Verleihung des akademischen Mastergrades beurkundet. Die Masterurkunde wird vom Rektor und dem Dekan der jeweiligen Fakultät unterzeichnet, an der die Masterarbeit durchgeführt wurde. Die Urkunde wird mit dem Siegel der Universität versehen.

(2) Das Zeugnis enthält die in den Fachprüfungen, den zugeordneten Modulprüfungen und der Masterarbeit erzielten Noten, deren zugeordnete Leistungspunkte und ECTS-Noten und die Gesamtnote und die ihr entsprechende ECTS-Note. Das Zeugnis ist von dem Dekan der jeweiligen Fakultät, an der die Masterarbeit durchgeführt wurde, und vom Vorsitzenden des Prüfungsausschusses zu unterzeichnen.

(3) Weiterhin erhält der Kandidat als Anhang ein Diploma Supplement in deutscher und englischer Sprache, das den Vorgaben des jeweils gültigen ECTS-User's Guide entspricht. Das Diploma Supplement enthält eine Abschrift der Studiendaten des Kandidaten (Transcript of Records).

(4) Die Abschrift der Studiendaten (Transcript of Records) enthält in strukturierter Form alle vom Kandidaten erbrachten Prüfungsleistungen. Dies beinhaltet alle Fächer, Fachnoten und ihre entsprechende ECTS-Note samt den zugeordneten Leistungspunkten, die dem jeweiligen Fach zugeordneten Module mit den Modulnoten, entsprechender ECTS-Note und zugeordneten Leistungspunkten sowie die den Modulen zugeordneten Lehrveranstaltungen samt Noten und zugeordneten Leistungspunkten. Aus der Abschrift der Studiendaten soll die Zugehörigkeit von Lehrveranstaltungen zu den einzelnen Modulen und die Zugehörigkeit der Module zu den einzelnen Fächern deutlich erkennbar sein. Angerechnete Studienleistungen sind im Transcript of Records aufzunehmen.

(5) Die Masterurkunde, das Masterzeugnis und das Diploma Supplement einschließlich des Transcript of Records werden vom Studienbüro der Universität ausgestellt.

III. Schlussbestimmungen

§ 21 Bescheid über Nicht-Bestehen, Bescheinigung von Prüfungsleistungen

(1) Der Bescheid über die endgültig nicht bestandene Masterprüfung wird dem Kandidaten durch den Prüfungsausschuss in schriftlicher Form erteilt. Der Bescheid ist mit einer Rechtsbehelfsbelehrung zu versehen.

(2) Hat der Kandidat die Masterprüfung endgültig nicht bestanden, wird ihm auf Antrag und gegen Vorlage der Exmatrikulationsbescheinigung eine schriftliche Bescheinigung ausgestellt, die die erbrachten Prüfungsleistungen und deren Noten sowie die zur Prüfung noch fehlenden Prüfungsleistungen enthält und erkennen lässt, dass die Prüfung insgesamt nicht bestanden ist. Dasselbe gilt, wenn der Prüfungsanspruch erloschen ist.

§ 22 Ungültigkeit der Masterprüfung, Entziehung des Mastergrades

(1) Hat der Kandidat bei einer Prüfung getäuscht und wird diese Tatsache erst nach der Aushändigung des Zeugnisses bekannt, so kann der Prüfungsausschuss nachträglich die Noten für diejenigen Prüfungsleistungen, bei deren Erbringung der Kandidat getäuscht hat, entsprechend berichtigen und die Prüfung ganz oder teilweise für nicht bestanden erklären.

(2) Waren die Voraussetzungen für die Zulassung zu einer Prüfung nicht erfüllt, ohne dass der Kandidat hierüber täuschen wollte, so wird dieser Mangel durch das Bestehen der Prüfung geheilt. Hat der Kandidat die Zulassung vorsätzlich zu Unrecht erwirkt, so entscheidet der Prüfungsausschuss nach Maßgabe des Landesverwaltungsverfahrensgesetzes in der jeweils gültigen Fassung.

(3) Dem Kandidaten ist vor einer Entscheidung nach § 22 Abs. 1 und § 22 Abs. 2, Satz 2 Gelegenheit zur Äußerung zu geben.

(4) Das unrichtige Prüfungszeugnis ist einzuziehen und gegebenenfalls ein neues zu erteilen. Dies bezieht sich auch auf alle davon betroffenen Anlagen (Transcript of Records und Diploma Supplement). Mit dem unrichtigen Prüfungszeugnis sind auch die Masterurkunde, das Masterzeugnis und alle Anlagen (Transcript of Records und Diploma Supplement) einzuziehen, wenn die Prüfung aufgrund einer Täuschung für „nicht bestanden“ erklärt wurde.

(5) Die Entziehung des akademischen Mastergrades richtet sich nach den gesetzlichen Bestimmungen.

(6) Eine Entscheidung nach § 22 Abs. 1 oder § 22 Abs. 2, Satz 2 ist nach einer Frist von fünf Jahren ab dem Datum des Prüfungszeugnisses ausgeschlossen.

§ 23 Einsicht in die Prüfungsakten

(1) Innerhalb eines Jahres nach dem Ablegen einer Erfolgskontrolle gemäß § 4 Abs. 2 ist einem Kandidaten auf Antrag in angemessener Frist Einsicht in die ihn betreffenden Unterlagen dieser Erfolgskontrolle zu gewähren. Der Vorsitzende des Prüfungsausschusses bestimmt Ort und Zeit der Einsichtnahme. Kann der Kandidat einen festgesetzten Termin zur Einsichtnahme nicht wahrnehmen, muss er dies gegenüber dem Prüfungsausschuss anzeigen und begründen. Der Prüfungsausschuss entscheidet über eine weitere Gelegenheit zur Einsichtnahme.

(2) Nach Abschluss der Masterprüfung wird dem Kandidaten auf Antrag innerhalb eines Jahres Einsicht in seine Masterarbeit, die darauf bezogenen Gutachten und in die Prüfungsprotokolle gewährt.

(3) § 23 Abs. 1 gilt entsprechend für die Einsicht in die Prüfungsakte.

(4) Prüfungsunterlagen sind mindestens fünf Jahre aufzubewahren.

§ 24 In-Kraft-Treten

Diese Studien- und Prüfungsordnung tritt mit dem Tage ihrer Bekanntmachung in den Amtlichen Bekanntmachungen der Universität Karlsruhe (TH) in Kraft.

Karlsruhe, den 06.03.2007

*Professor Dr. sc. tech. Horst Hippler
(Rektor)*