

**Fachprüfungsordnung für den Masterstudiengang Optical Nano Technologies Engineering (ONTE) des
Fachbereichs Elektrotechnik/Informatik der Universität Kassel vom 26. Januar 2012**

I. Allgemeine Bestimmungen

§ 1 Geltungsbereich

§ 2 Akademischer Grad

§ 3 Regelstudienzeit, Umfang des Studiums, Studienbeginn

§ 4 Prüfungsausschuss

II. Masterabschluss

§ 5 Zulassungsvoraussetzungen

§ 6 Prüfungsteile des Masterabschlusses

§ 7 Masterarbeit mit Kolloquium

§ 8 Benotung der Module und Gesamtnote

III. Schlussbestimmung

§ 9 In-Kraft-Treten

Anlagen

Modulplan

Modulhandbuch

I. Allgemeine Bestimmungen

§ 1 Geltungsbereich

Die Fachprüfungsordnung des Fachbereichs Elektrotechnik/Informatik für den konsekutiven englischsprachigen Masterstudiengang Optical Nano Technologies Engineering ergänzt die Allgemeinen Bestimmungen für Fachprüfungsordnungen mit den Abschlüssen Bachelor und Master (AB Bachelor/Master) der Universität Kassel in der jeweils geltenden Fassung.

§ 2 Akademischer Grad

Der Masterstudiengang Optical Nano Technologies Engineering ist forschungsorientiert. Aufgrund der bestandenen Prüfung wird der akademische Grad „Master of Science“ (M.Sc.) durch den Fachbereich Elektrotechnik/Informatik verliehen.

§ 3 Regelstudienzeit, Umfang des Studiums, Studienbeginn

(1) Die Regelstudienzeit für das Masterstudium beträgt drei Semester einschließlich der Masterarbeit und des Masterkolloquiums.

(2) Im Masterstudium werden 90 Credits erlangt, davon 30 Credits für die Masterarbeit einschließlich des Masterkolloquiums.

(3) Das Masterstudium kann zum Sommer- und Wintersemester aufgenommen werden.

§ 4 Prüfungsausschuss

(1) Die Entscheidungen in Prüfungsangelegenheiten trifft der Prüfungsausschuss für Optical Nano Technologies Engineering.

(2) Dem Prüfungsausschuss gehören an:

- drei Professorinnen oder Professoren,
- eine wissenschaftliche Mitarbeiterin/ein wissenschaftlicher Mitarbeiter sowie
- eine Studierende oder ein Studierender des Masterstudiengangs Optical Nano Technologies Engineering.

II. Masterabschluss

§ 5 Zulassungsvoraussetzungen

(1) Zum Masterstudium kann nur zugelassen werden, wer:

a) die Bachelorprüfung an einer Saudi-Arabischen Universität, der Universität Kassel oder einer anderen Hochschule im Studiengang Elektrotechnik, Maschinenbau, Chemie, Physik oder Nanostrukturwissenschaften mit einer Regelstudienzeit von mindestens sieben Semestern und 210 Credits bestanden hat, oder

b) einen fachlich gleichwertigen Abschluss in Elektrotechnik, Maschinenbau, Chemie, Physik oder Nanostrukturwissenschaften einer anderen Hochschule mit einer Regelstudienzeit von mindestens sieben Semestern und 210 Credits erworben hat.

Bewerber gemäß lit. a und b, die einen sechssemestrigen Bachelor (180 Credits) vorweisen, haben Auflagen gemäß § 5 Abs. 5 zu erfüllen.

(2) Das fachliche Profil des Studienabschlusses gem. Abs. 1 muss den Anforderungen des Masterstudiengangs Optical Nano Technologies Engineering entsprechen. Die Basisvoraussetzungen sind Grundkenntnisse der Differentialgleichungen, der Physik, und der anorganischen Chemie bzw. gegebenenfalls von anderslautenden Fächern, welche aber diese Inhalte enthalten im Umfang von zusammen 20 Credits im Bachelor Kurs. Das Vorliegen der Voraussetzungen ist in einem Motivationsschreiben zu begründen und mit den Bewerbungsunterlagen einzureichen. Das Motivationsschreiben soll auf die vorhandenen Grundkenntnisse in der Optik, der Halbleiterelektronik, der Materialwissenschaft und der Mathematik eingehen. Ferner beschrieben werden sollen die Erwartungen an die im Masterkurs zu erlernende auf die Nanotechnologie ausgerichtete ingenieurtechnische Methodik, sowie Themen optischer Technologien und Anwendungsaspekte.

(3) Das Vorliegen der Voraussetzungen gem. Abs. 2 wird vom Prüfungsausschuss wie folgt festgestellt:

- entweder aufgrund eines internetbasierten Screenings sowie der schriftlich begründeten Bewerbungsunterlagen. In Zweifelsfällen kann darüber hinaus aufgrund eines Beschlusses des Prüfungsausschusses ein Auswahlgespräch von 30 Minuten Dauer durchgeführt werden. Für das Auswahlgespräch bestellt der Prüfungsausschuss zwei Professorinnen oder Professoren.
- oder im Falle von Saudi-Arabischen Studierenden durch Auswahl durch einen vom Prüfungsausschuss bestimmten Prüfer der KACST in Riyadh anhand der schriftlich begründeten Bewerbungsunterlagen. In Zweifelsfällen kann darüber hinaus ein Auswahlgespräch von 30 Minuten Dauer durchgeführt werden. Für das Auswahlgespräch bestellt der Prüfungsausschuss zwei Professorinnen oder Professoren.

(4) Des Weiteren sind ausreichende Kenntnisse der englischen Sprache nachzuweisen. Für Bewerberinnen und Bewerber ist ein entsprechender Nachweis gegeben, falls

a) Englisch die Muttersprache ist oder

b) wenn das bisherige Studium vollständig englischsprachig war oder

c) der Nachweis des Niveaus B 2 des Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmens durch ein Sprachzertifikat (z.B. TOEFL, IELTS) erbracht ist.

5) Fehlen der Bewerberin oder dem Bewerber Voraussetzungen für die Zulassung zum Masterstudium (z.B. nur 180 vorhandene Credits aus dem Bachelor Studiengang, oder nicht ausreichende fachliche Voraussetzungen), kann der Prüfungsausschuss die Zulassung unter der Auflage aussprechen, dass bis zur Anmeldung der dritten Klausur aus den Modulen R1 bis R5 die fehlenden Kenntnisse durch erfolgreiches Absolvieren von Modulen im Umfang von maximal 30 Credits aus der folgenden Liste nachgewiesen werden:

Modultitel	Credits
Electromagnetics and optics Q1	9
Mathematics Q2	6
Engineering Physics, Materials and Chemistry Q3	8
Fundamentals of Signal Processing and Communications Q4	5
Language Course Technical English Q5	2
Optical Communication Systems Q6	4
Safety and Computer Architecture Q7	4

(6) In begründeten Ausnahmefällen kann der Prüfungsausschuss von Abs. 2 abweichende Entscheidungen treffen. Ausnahmen können z.B. sein, eine Berufserfahrung von mehr als 1/2 Jahr in einem ingenieurtechnischen Betrieb; ein technisches Praktikum in einem Labor von mehr als 1 Monat Dauer, das sich z.B. mit Halbleitertechnologie, Optik, Materialwissenschaften, physikalischer Chemie, Bauelementen oder optischen Systemen beschäftigt; eine andere herausragende Qualifikation im naturwissenschaftlichen oder technischen Bereich; eine Qualifikation die als vergleichbar begründet werden kann; oder ein besonders gutes Motivationsschreiben.

§ 6 Prüfungsteile des Masterabschlusses

(1) Der Masterabschluss umfasst die folgenden Prüfungsteile:

1. Studienbegleitende Modulprüfungen im Umfang von 60 Credits in folgenden Modulen:

Modultitel	Credits
Nanophotonic Devices and Components R1	13
Software Components for Communication Systems R2	8
Computational Design of Photonic Devices R3	4
Nanosystem Technology, Fabrication Aspects R4	8
Optical Communication Systems and ONTE Seminar R5	6
Practical Training 1: Nanophotonic Devices and Components P1	6
Practical Training 2: Clean Room Technologies P2	15

2. Eine Masterarbeit gem. § 7 im Umfang von 30 Credits einschließlich des Kolloquiums aus den nachfolgenden Modulen:

Modultitel	Credits
Optoelectronics T1	30
Electromagnetic Nanoscience T2	30
Optical Communication Systems T3	30
Digital Communications T4	30
Functional Safety T5	30

(2) Nicht bestandene Modulprüfungen außer dem Masterabschlussmodul können im Prüfungszeitraum nach Ende jedes Semesters wiederholt werden. Wird eine Teilprüfung eines Moduls nicht bestanden, so muss lediglich diese Teilprüfung wiederholt werden.

§ 7 Masterarbeit mit Kolloquium

(1) Das Thema der Masterarbeit kann erst ausgegeben werden, wenn die Modulprüfungsleistungen gem. § 6 Abs. 1 im Umfang von insgesamt 54 Credits erbracht sind.

(2) Die Bearbeitungszeit der Masterarbeit beträgt sechs Monate und beginnt mit dem Tag der Bekanntgabe des Themas durch den Prüfungsausschuss. Das Thema muss so beschaffen sein, dass es innerhalb der vorgesehenen Frist bearbeitet werden kann.

(3) Kann der Abgabetermin aus Gründen, die die Kandidatin oder der Kandidat nicht zu vertreten hat, nicht eingehalten werden, so verlängert der Prüfungsausschuss einmal die Bearbeitungszeit um maximal 3 Monate, wenn die Kandidatin oder der Kandidat dies vor dem ersten Abgabetermin beantragt und die Betreuerin oder der Betreuer zustimmt.

(4) Die Masterarbeit ist fristgerecht in zwei gebundenen schriftlichen Exemplaren und einer elektronischen Fassung beim Prüfungsausschuss abzugeben.

(5) Die Masterarbeit ist im Rahmen eines Masterkolloquiums vorzustellen. An dem Kolloquium nehmen außer dem Kandidaten der Erstgutachter und ein Zweitgutachter teil. Das Masterkolloquium soll spätestens 10 Wochen nach Abgabe der Masterarbeit erfolgen. Die Teilnahme am Masterkolloquium setzt voraus, dass in der Masterarbeit mindestens die Note „ausreichend“ erzielt wurde. Die Dauer beträgt für das gesamte Kolloquium maximal 60 Minuten.

(6) Mindestens einer der Prüfer der Masterarbeit stammt aus dem Kreis der für den Studiengang verantwortlichen hauptamtlichen Hochschullehrer.

(7) Um die Masterprüfung zu bestehen, müssen Masterarbeit und Masterkolloquium jeweils mindestens mit „ausreichend“ bewertet worden sein.

(8) Die Gesamtnote der Masterarbeit ergibt sich aus der Bewertung der schriftlichen Arbeit (Gewichtung: 3/4) und aus der Bewertung des Kolloquiums (Gewichtung: 1/4). Ein nicht mindestens mit „ausreichend“ bewertetes Kolloquium kann einmal wiederholt werden. Bei der Wiederholung des Kolloquiums muss auch der Zweitprüfer anwesend sein. Wird auch das Wiederholungskolloquium mit „nicht ausreichend“ bewertet, so ist die Masterarbeit mit „nicht ausreichend“ zu bewerten und nicht bestanden.

(9) Die Masterarbeit kann im Einvernehmen mit dem ersten Prüfer bzw. der ersten Prüferin und dem zweiten Prüfer bzw. der zweiten Prüferin auch außerhalb der Hochschule angefertigt werden (Externe Masterarbeit). In diesem Fall müssen der erste Prüfer bzw. die erste Prüferin und der zweite Prüfer bzw. die zweite Prüferin Mitglied im Fachbereich Elektrotechnik/Informatik sein. Die Regelungen der Artikel 1–8 gelten auch für externe Masterarbeiten.

§ 8 Benotung der Module und Gesamtnote

(1) Die Gesamtnote eines Moduls ergibt sich aus dem mit den Credits gewichteten arithmetischen Mittel der Noten der Modulteilprüfungen. Jede Modulteilprüfung muss mit mindestens „ausreichend“ bewertet sein.

(2) Die Gesamtnote der Masterprüfung ergibt sich aus dem mit den Credits gewichteten arithmetischen Mittel der Noten der Module gem. § 6.

III. Schlussbestimmungen

§ 9 In-Kraft-Treten

Diese Prüfungsordnung tritt am Tag nach ihrer Veröffentlichung im Mitteilungsblatt der Universität Kassel in Kraft.

Kassel, den 23. März 2012

Der Dekan des Fachbereichs Elektrotechnik/Informatik
Prof. Dr. sc. techn. Dirk Dahlhaus

Anlage 1: Modulplan

3.Sem.	Master Thesis				30 C
2. Sem.	R 4: Nanosystem Technology, Fabrication Aspects 8 C	P 2: Practical Training 2: Clean Room Technologies 15 C (Key Competences)	R 5: Optical Communication Systems and ONTE Seminar 6 C		29 C
1.Sem.	R 1: Nanophotonic Devices and Components 13 C	P 1: Practical Training 1: Nanophotonic Devices and Components 6 C	R 2: Software Components for Communication Systems 8 C	R 3: Computational Design of Photonic Devices 4 C	31 C

**Modulhandbuch für den Masterstudiengang
Optical Nano Technologies Engineering (ONTE)
des Fachbereiches Elektrotechnik/Informatik
der Universität Kassel**

Stand: 23.03.2012

Inhaltsverzeichnis

Module des ONTE-Masterstudiengangs	1148
Reguläre Module.....	1149
Module Practical Training.....	1162
Thesenmodule.....	1166
Qualifikationsmodule.....	1173

Module des ONTE-Masterstudiengangs

In diesem Abschnitt werden alle Module aufgeführt, die im Rahmen des ONTE-Masterstudiengangs belegt werden können. Die Module sind thematisch in folgenden Bereichen angesiedelt:

- Nanophotonic Devices and Components
- Software Components for Communication Systems
- Electromagnetic Nanoscience
- Nanosystem Technology, Fabrication Aspects
- Optical Communication Systems and ONTE Seminar
- Clean Room Technology.

Innerhalb eines Bereichs gilt die folgende Namenskonvention: Die Bezeichnung eines Moduls, wie z.B. *Nanophotonic Devices and Components R1*, ergibt sich aus <BEREICH TYP NR>. Während BEREICH und NR einen der o.g. Bereiche bzw. eine laufende Nummer bezeichnen, ergeben sich für TYP die folgenden Werte:

- R** reguläres Modul, bestehend aus Vorlesungen, Übungen, Seminaren
P Practical Training.

Die Module der Masterarbeit, nachfolgend Thesenmodule genannt, können aus den folgenden Thesenbereichen gewählt werden:

- Digital Communications
- Electromagnetic Nanoscience
- Functional Safety
- Optical Communication Systems
- Optoelectronics.

Die Bezeichnung des Thesenmoduls, wie z.B. *Optoelectronics T1*, ergibt sich aus <BEREICH T NR>, wobei BEREICH einen der o.g. Thesenbereiche bezeichnet und NR eine laufende Nummer bedeutet.

Reguläre Module

Modultitel	Nanophotonic Devices and Components R1				
	Titel	Form	SWS	Credits	Studien-/ Prüfungsleistung
Lehrveranstaltungen	Optoelectronic devices (lec)	Vorlesung	3	4	30-minütige mündliche Prüfung
	Optoelectronic devices (ex)	Übung	1	1	
	Semiconductor lasers (lec)	Vorlesung	3	4	
	Semiconductor lasers (ex)	Übung	1	1	
	Nanophotonic sensorics (lec)	Vorlesung	2	3	15-minütige mündliche Prüfung
	Credits für das Gesamtmodul	13			
Sprache	Englisch				
Durchführung	im Wintersemester, jährlich				
Dozent(en)	Hillmer und Mitarbeiter				
Verantwortliche(r)	Hillmer				
Teilnahmevoraussetzungen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grundlagenwissen der elektronischen Bauelemente bzw. der Halbleiterelektronik, Grundlagen der Materialkunde ▪ Mathematische Kenntnisse der Analysis und Vektoralgebra 				
Arbeitsaufwand	120 Stunden Präsenzzeit 180 Stunden Selbststudium				
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wiederholung der Grundlagen der Strahlen-, Wellen- und Quantenoptik, ▪ Einführung in die Grundprinzipien der Nanostrukturwissenschaften und der Nanotechnologie ▪ Wiederholung der Grundlagen der Optik: Brechungsindex, Polarisierung, Interferenz, Beugung, Brechung, optische Kohärenz. ▪ Beispielhaft am Brechungsindex, der Beugung und der Brechung wird die Verbindung von phänomenologischen makroskopischen Modellen und nanoskalierten Vorgängen und Modellen anschaulich Schritt für Schritt erarbeitet. ▪ Dielektrische Materialeigenschaften (z.B. Glas): Real- und Imaginärteil des Brechungsindex, Material-Dispersion, Absorption ▪ Optische Wellenleiter mit detaillierter Einführung in Dispersion (Modendispersion, Materialdispersion, Wellenleiterdispersion, u.a.), Dämpfung (Absorption), Filmwellenleiter, vergrabene planare und zirkulare Wellenleiter ▪ Einführung in eine nanotechnologische Sichtweise der Phänomene: 				

	<p>Aufzeigen der Parallelen zwischen den Problemen; (i) Elektronenwellen in Potentialverläufen, hier Halbleiter-Heterostrukturen und (ii) Lichtwellen in Brechungsindexverläufen, hier dielektrischen Heterostrukturen. Dabei werden aus nanotechnologischer Sicht die Parallelen und die Unterschiede der Eigenwerte und Eigenfunktionen der (i) Schrödinger-Gleichung und der (ii) Helmholtz-Gleichung aufgezeigt. Hierzu: Betrachtung von Optik, Elektronik, Akustik und Mikrowellen</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Interferometer (Michelson, Fabry-Pérot, Mach-Zehnder) Anwendung dieser nanotechnologischen Strukturen für die Sensorik, ▪ Optische Mehrschichtstrukturen (z.B. DBR-Spiegel) ▪ Einführung in eine nanotechnologische Sichtweise der Phänomene: Aufzeigen der Parallelen zwischen den Problemen; (i) Elektronenwellen in periodischen Potentialverläufen und (ii) Lichtwellen in periodischen Brechungsindexverläufen. Dabei werden aus nanotechnologischer Sicht die Parallelen und die Unterschiede der Welleninterferenz, Reflexion und Transmission verdeutlicht. ▪ Einführung in Laser, LEDs, Photodioden und Solarzellen. Parallelen und Unterschiede aus nanotechnologischer Sicht. Aufzeigen von spiegelbildlichen Funktionen und Aufbau bezüglich elektronischen und optischen Anteilen. ▪ Beugungselemente: ein-, zwei- und dreidimensionale Gitter, Fresnellinsen und photonische Kristalle. Aufzeigen von Analogien und Unterschieden bezüglich photonischer und elektronischer Kristalle aus nanotechnologischer Sicht ▪ Lasergrundlagen: Gewinn, Ratengleichung, DFB-Gitter, Spektren, kantenemittierende und oberflächenemittierende Laser. Horizontale und vertikale Resonatorstrukturen aus nanotechnologischer Sicht zur Verdeutlichung analoger Phänomene in der Optik und Elektronik. ▪ Hocheffiziente Laser-Resonatoren aus nanoskaligen Vielschichtstrukturen, Änderung der Bauelementeeigenschaften anhand von nanoskaligen aktiven Zonen (quantum wells, quantum wires und quantum dots)Komplexere Laserstrukturen: ultraschnelle Laser, abstimmbare Laser, Chirped-DFB-Gitter, Mikroscheibenlaser, Quantum Cascade Laser, DBR-Spiegel für vertikale Kavitätslaser, VCSELS, blaue Halbleiterlaser. Beim Quantum Cascade Laser wird detailliert in den Aufbau und die Wirkungsweise der nanoskaligen Halbleiter-Vielfach-Heterostruktur eingeführt. Folgende nanoskalige Komponenten werden detailliert verdeutlicht: DBR-Resonator-Spiegel im VCSEL, Wellenleiter im Kantenemitter, nanoskalige aktive Materialien (quantum wells, quantum wires und quantum dots) in allen Lasern. ▪ Lichtverarbeitung: Schalter, Modulator, Splitter, Verstärker, Combiner, Multiplexer, Demultiplexer, Strahltransformer. ▪ Einführung in die Analytik in der Nanotechnologie und Darstellung der besonderen Bedeutung bei der Erfassung geometrischer und kompositioneller Parameter mit sehr hoher Präzision während des technologischen Prozesses und nach Fertigstellung der Komponenten. Strukturierungs- und Depositionsgenauigkeiten <1nm müssen messtechnisch erfasst werden, da fast alle Di-
--	--

	<p>mensionen der Bauelemente einen ganz wesentlichen Einfluss auf die Bauelemente-Eigenschaften haben. Die Nanotechnologie ist bezüglich Struktur, Prozess und Monitoring allgegenwärtig.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Interferometrie, Weisslichtinterferometrie, integrierte Interferometer, Faser-Bragg-Gitter basierte Sensoren ▪ Vermessung von Dünnschichten (Ellipsometrie) ▪ Beugung von Röntgenstrahlen, Elektronen (XRD; RHEED) ▪ Absorptions- und Transmissions-Spektroskopie ▪ Gassensorik, (Intra-Cavity-Absorption-Spectroscopy) ▪ Rastersondenmikroskopie, Cantileverbasierte Sensorik, Rasterelektronenmikroskopie. Hierbei werden die erzielbaren Auflösungsgenauigkeiten im sub nm Bereich adressiert. Zahlreiche Beispiele aus der nanotechnologischen Analytik werden gezeigt. ▪ Apparative Aufbauten für Photolumineszenz Untersuchungen, Entstehung von Photolumineszenz in anorganischen und organischen Materialien. Detailliert wird darauf eingegangen, eine Vielzahl von unterschiedlichen Quantenfilmdicken quantitativ mit sub nm Genauigkeit aus dem Photolumineszenz-Spektrum zu extrahieren. ▪ Messungen von Ladungsträgertransport in Halbleitermaterialien mit Hilfe optischer Flugzeit-Spektroskopie mit sehr hoher örtlicher und zeitlicher Auflösung, nanoskalige Strukturierung liefert das geometrische Gerüst der Methode, Gain-Messung ▪ Magneto-resistive Effekte (GMR, AMR)
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> ▪ J.Gowar, <i>Optical Communication Systems</i>, 2nd Ed., Prentice Hall, 1993. ▪ K.Iga, S.Kinoshita, <i>Process technology for semiconductor lasers</i>, Springer, Series in Material Science 30, 1996. ▪ S.L.Chuang, <i>Physics of Optoelectronic Devices</i>, John Wiley & Sons, New York, 1995. ▪ B.Mroziewicz, M.Bugajski and W.Nakwaski, <i>Physics of semiconductor lasers</i>, North-Holland, Amsterdam, 1991. ▪ G.P. Agrawal, N.K. Dutta, <i>Long-wavelength semiconductor lasers</i>, Van Nostrand, 1986. ▪ L.A. Coldren & S.W. Corzine, <i>Diode Lasers and Photonic Integrated Circuits</i>, John Wiley, New York, 1995. ▪ M. Young, <i>Optics and lasers</i>, Springer-Verlag, Heidelberg, 1993. ▪ P. Bhattacharya, <i>Semiconductor Optoelectronic Devices</i>, 2nd edition, Prentice Hall, London, 1997. ▪ F. Träger (Editor), <i>Springer Handbook of Lasers and Optics</i>, Springer, 2011. ▪ O. Solgaard, <i>Photonic Microsystems</i>, Springer Science + Business Media 2009. ▪ W. Göpel, <i>Sensors – A Comprehensive Survey</i>, VCH, 1997. ▪ P. Török, <i>Optical Imaging and Microscopy</i>, Springer, 2007. ▪ Bhushan (Ed.), <i>Springer Handbook of Nanotechnology</i>, 2nd. Ed., Springer, 2007 ▪ D.B. Murphy, <i>Fundamentals of Light Microscopy and Electronic Imaging</i>, John Wiley & Sons, 2001

Medienformen	Beamer (Vorlesungspräsentation), Tafel (Herleitungen, Erläuterungen), Verwendung von softwaretechnischen interaktiven Visualisierungstools, die die Studierenden im hands-on Betrieb erfahren, Papier (Übungen).
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Der/die Studierende kann</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau und Wirkungsweise optoelektronischer Bauelemente nachvollziehen. • das Designpotential der Nanotechnologie, das Maßschneiden von Material- und Bauelemente-Eigenschaften durch das Maßschneiden nanoskaliger Geometrieparameter statt Legierungsvariationen der Materialien erfassen und anwenden. <ul style="list-style-type: none"> ▪ die grundlegenden Prinzipien nanophotonischer Bauteile und Systeme sowie Struktur und Einsatzgrundsätze nanophotonischer Komponenten nachvollziehen. • die Ähnlichkeit der Quantisierung (Eigenwerte, Eigenfunktionen) in elektronischen und photonischen Systemen erfassen, d.h. immer dann wenn die korrespondierenden Differentialgleichungen im Ortsraum mathematisch gleiche Struktur und Ordnung aufweisen. <ul style="list-style-type: none"> ▪ das Anwendungspotenzial nanophotonischer Bauteile und photonischer Werkzeuge nachvollziehen und eigenständig aufarbeiten. ▪ das komplexe Zusammenspiel der elektronischen, thermischen und optischen Phänomene in Laserdioden ermesen. ▪ die physikalischen Gesetzmäßigkeiten von grundlegenden Messmethoden der Analytik in der Nanotechnologie nachvollziehen. ▪ die verschiedenen bildgebenden Messverfahren überblicken. • Methodik entwickeln, um selbständig Wissen von einem Gebiet auf das andere zu übertragen. • Naturphänomene als Lösungsansätze erkennen und eigenständig daraus weitergehende Lösungen entwickeln. • Problemlösungen durch interdisziplinäre Analogien erarbeiten. <ul style="list-style-type: none"> ▪ selbständig in Forschung und Entwicklung im Bereich nanophotonischer Bauelemente arbeiten und dabei die erworbenen <ul style="list-style-type: none"> ○ – experimentellem und theoretischem Kenntnisse nanophotonischer Bauelemente, ○ – nachhaltigen Kenntnisse des Entwurfs, des Betriebs und des Einsatzes nanophotonischer Bauelemente <p>anwenden.</p>

Modultitel	Software Components for Communication Systems R2				
Lehrveranstaltungen	Titel	Form	SWS	Credits	Studien-/ Prüfungsleistung
	Introduction to Information Theory and Coding (lec)	Vorlesung	3	4	30-minütige mündliche Prüfung
	Introduction to Information Theory and Coding (ex)	Übung	1	1	
	Introduction to Functional Safety (lec)	Vorlesung	2	3	30-minütige mündliche Prüfung
Credits für das Gesamtmodul	8				
Sprache	Englisch				
Durchführung	im Sommersemester, jährlich				
Dozent	Dahlhaus/Börcsök und Mitarbeiter				
Verantwortliche(r)	Dahlhaus				
Teilnahmevoraussetzungen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grundlagenkenntnisse der digitalen Kommunikation ▪ Grundlagenkenntnisse der Rechnerarchitektur 				
Arbeitsaufwand	90 Stunden Präsenzzeit 150 Stunden Selbststudium				
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einführung in Signalverarbeitungsverfahren der physikalischen Schicht und Medienzugriffsschicht des OSI-Modells in drahtlosen Kommunikationssystemen mit mikro- und nanoskaligen Komponenten ▪ Grundlagen der Informationstheorie, Kanalcodierung, Blockcodes, lineare und zyklische Codes, systematische Form, Syndromdecodierung, Soft Decision und Hard Decision, Faltungscodes, Trellisdiagramme, Zustandsgleichung und Übertragungsfunktion, Viterbialgorithmus, Quellencodierung für diskrete gedächtnisfreie Quellen, Lempel-Ziv-Algorithmus, Rate-Distortion-Function, Codierung analoger Quellen, zeitliche/spektrale Signalformcodierung, Pulse-Code-Modulation (PCM), Compandor, differentielle PCM (DPCM), adaptive PCM (APCM), Delta-Modulation, modellbasierte Codierung, Linear Predictive Coding (LPC) ▪ Grundlagen der funktionale Sicherheit, Fehler, Fehlerarten, Common-Cause Fehler, Risikobestimmung, Architekturen, Strukturen, Funktionsblockanalysen, Markov-Modelle, Fehlerbaumanalyse, Berechnungsmethoden, Proof-Test 				
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> ▪ T. Cover and J.A. Thomas, <i>Elements of Information Theory</i>, 2nd ed., Wiley, ISBN: 978-0-471-24195-9 ▪ J.G. Proakis, <i>Digital Communications</i>, McGraw-Hill, 4th ed., ISBN 0-07-118183-0. ▪ Papoulis, S. U. Pillai, <i>Probability, Random Variables, and Stochastic Processes</i>, 				

	<p>McGraw-Hill, 4th ed., ISBN 0071226613.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ J. Börzsök, Functional Safety, Huethig 2007, ISBN 987-3-7785-2986-7 ▪ A. Birolini, Reliability Engineering, Springer 5th ed., 2007, ISBN 978-3-540-49388-4
Medienformen	Beamer (Vorlesungspräsentation, Seminarvortrag), Tafel (Herleitungen, Erläuterungen), Papier (Übungen).
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Der/die Studierende kann</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ die Signalverarbeitungsverfahren in der physikalischen Schicht und Medienzugriffsschicht des OSI-Modells in drahtlosen Kommunikationssystemen mit mikro- und nanoskaligen Komponenten verstehen und wiedergeben. ▪ Quellen- und Kanalcodierung als Grundlage digitaler Übertragungssysteme erfassen und informationstheoretische Prinzipien in Übertragungssystemen Literatur- und Internetrecherche im Rahmen eines Themas der Informationstheorie und Codierung anwenden. ▪ die Funktionsweise von Sicherheitssystemen und deren Modellierung und Berechnung nachvollziehen, Systeme der funktionalen Sicherheit analysieren und modellieren und die Sicherheitsintegrität unterschiedlicher Systemarchitekturen nachweisen. ▪ im Bereich der drahtlosen Kommunikationssysteme mit mikro- und nanoskaligen Komponenten, der Informationstheorie und Codierung forschen und entwickeln. ▪ im Bereich sicherer Entwurf von Hardware- und Softwarekomponenten in Systemen mit funktionaler Tätigkeit forschen und entwickeln. ▪ im Bereich mikro- und nanoskaliger Kommunikationstechnologie beraten. ▪ nachhaltiges Wissen über die Modellierung, Analyse und Berechnungsmöglichkeiten bei Systemen mit funktionaler Sicherheit anwenden. ▪ Qualitätsmerkmale in Systemen mit funktionaler Sicherheit beurteilen.

Modultitel	Computational Design of Photonic Devices R3				
Lehrveranstaltungen	Titel	Form	SWS	Credits	Studien-/ Prüfungsleistung
	Fields and Waves in Optoelectronic Devices (lec)	Vorlesung	2	3	30-minütige mündliche Prüfung
	Fields and Waves in Optoelectronic Devices (ex)	Übung	1	1	
Credits für das Gesamtmodul	4				
Sprache	Englisch				
Durchführung	im Wintersemester, jährlich				
Dozent	Witzigmann/ und Mitarbeiter				
Verantwortliche(r)	Witzigmann				
Teilnahmevoraussetzungen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grundlagenkenntnisse der Elektromagnetik ▪ Kenntnisse der Inhalte der Lehrveranstaltung "Electromagnetic Field Theory 1" bzw. vergleichbare Kenntnisse und Fertigkeiten 				
Arbeitsaufwand	45 Stunden Präsenzzeit 75 Stunden Selbststudium				
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grundlagen der Strahlen- Wellenoptik ▪ Grundlagen der Quantenmechanik, Anwendung in elektronischen Nanostrukturen ▪ Felder und Wellen in optoelektronischen Bauelementen ▪ Nanophotonik und deren theoretische Beschreibung ▪ Aufbau und Verständnis der Funktionsweise moderner optischer Bauelemente (Laser, VCSEL, Photodioden, Nanokavitäten) 				
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> ▪ S.L. Chuang, Physics of optoelectronic Devices, Wiley ▪ Coldren, Corzine, Integrated Optoelectronics ▪ Saleh, Teich, Optics ▪ Fachliteratur gemäß Seminarthemen. 				
Medienformen	Beamer (Vorlesungspräsentation, Seminarvortrag), Tafel (Herleitungen, Erläuterungen), Papier (Übungen).				
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Der/die Studierende kann</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ die Funktionalität von Halbleiter-Nanostrukturen in optoelektronischen Bauelementen verstehen. ▪ elektromagnetische Prinzipien, angewandt auf die Charakteristik in Halbleiter-Bauelementen nachvollziehen. ▪ Halbleiter-Resonatoren und -Wellenleiter für Laser, LEDs oder Photodioden selbständig entwerfen. ▪ im Rahmen eines Themas der Optoelektronik und Nanophotonik die erforderli- 				

	<p>che Literatur- und Internetrecherche eigenständig durchführen.</p> <ul style="list-style-type: none">▪ ein Thema im Bereich des Bauelementdesigns und der Funktionsanalyse selbstständig wissenschaftlich erarbeiten und über das Thema referieren.▪ komplexe Simulationssoftware für Elektromagnetik und Nanophotonik anwenden.▪ im Bereich des optoelektronischen Bauelemententwurfs und im Bereich der Bauelemente für Kommunikation, Sensorik und Photovoltaik unter Einbeziehung von Nanostrukturen forschen und entwickeln, sowie im Bereich der Informationstechnologie beraten.
--	--

Modultitel	Nanosystem Technology, Fabrication Aspects R4				
Lehrveranstaltungen	Titel	Form	SWS	Credits	Studien-/ Prüfungsleistung
	Micro- and nanosystem technology (lec)	Vorlesung	2	3	30-minütige mündliche Prüfung
	Micro- and nanosystem technology (ex)	Übung	1	1	
	Technology of electronic and optoelectronic devices (lec)	Vorlesung	2	3	
	Technology of electronic and optoelectronic devices (ex)	Übung	1	1	
Credits für das Gesamtmodul	8				
Sprache	Englisch				
Durchführung	im Sommersemester				
Dozent	Hillmer und Mitarbeiter				
Verantwortliche(r)	Hilmer				
Teilnahmevoraussetzungen	Grundlagenkenntnisse der Halbleiterbauteile (Transistor, Laserdiode, LED, Photodiode), Materialwissenschaften und Optik				
Arbeitsaufwand	90 Stunden Präsenzzeit 180 Stunden Selbststudium				
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einführung in moderne Fabrikationsprozesse der Nanotechnologie. Diese umfasst im Einzelnen Fasertechnologie, Dünnschichtdeposition und die Herstellung von Wellenleitern, Lasern, Transistoren, ICs und mikromechanischen Komponenten. Verdeutlichung, dass alle diese modernen Bauelemente mindestens eine nanoskalige optische oder elektronische Teilfunktion aufweisen. ▪ Kristallwachstum: Halbleiter-Einkristalle, Halbleiter-Wafer, Dünnschichtepitaxie ▪ Herstellung von Glas und Reinst-Silizium aus Sand, Wafer-Herstellung (Orientierung, Sägen, Polieren, Orientierungskennung) ▪ Lithographie: optische Lith., Röntgen-Lith., Elektronenstrahl-Lith., Ionenstrahl-Lith., EUVL, Nanoimprint Lith. ▪ Fokussierung auf die fortschreitende Verbesserung der Auflösung, um zu immer kleineren Dimensionen im nm Bereich vorzustoßen. In allen Fällen werden die jeweiligen Auflösungslimits detailliert erläutert. Im Fall der Nanoimprint Technologie werden die Limits vertikaler und lateraler Miniaturisierungsgrenzen detailliert behandelt und dem aktuellen Stand der Technik gegenübergestellt. 				

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verallgemeinerung: Allgemeine Limits der Miniaturisierung vor dem Hintergrund der de Broglie Wellenlänge, der Oxidfunktionalität, der Wärmeableitung, der Strukturgröße einzelner Festkörperatome und der Molekülgrößen ▪ Plasmaprozesse und Vakuumtechnologie ▪ Depositionstechniken Aufdampfen, Sputtern, Plasma unterstützte Technologien ▪ Trocken- und Nasschemisches Ätzen ▪ Bei allen diesen aufgeführten technologischen Prozessen wird stets besonderer Wert auf die Strukturierungs- und Depositionsgenauigkeit gelegt, welche bis <1nm betragen kann. Korrespondierendes Monitoring und Prozesskontrolle. Verdeutlichung der Einhaltung der nanoskaligen Strukturierungspräzision. ▪ Reinräume: Zweck, gebäudetechnische Konstruktion, allgemeiner Betriebsablauf, Verhalten und Arbeiten im Reinraum ▪ Fabrikationstechnologie von nanoelektronischen Bauelementen (Planartransistor, elektronische Integration), nanophotonischen Komponenten und Bauelementen (Halbleiterlaser, Gitterstrukturen) und mikro-opto-elektromechanischen Systemen (MOEMS) bzw. nano-opto-elektromechanischen Systemen (NOEMS) ▪ Einführung in die Mikromechanik, Mikro- und Nanosystemtechnik, Miniaturisierung, Packaging und Nanotechnologie ▪ Gründe für Miniaturisierung und Integration, verschiedene Arten der Mikro- und Nanomechanik und Integration. ▪ Sensoren und Aktuatoren ▪ Beispiele für NEMS, MEMS, MOEMS und NOEMS: Membrane, Federn, Resonatoren, Träger, Ausrichtungswerkzeuge, mechanische Ventile, Bedienelemente optischer Komponenten, Haltewerkzeuge, Lichtmodulatoren, Schalter, Strahlteiler, Projektionsanzeigen, Mikrooptischer Tisch, Datenverteilung, mikromechanisch abstimmbare Filter und Laser ▪ Displays: mikromechanische (mikrospiegelnde) Displays, Lasertechnologie, Vakuumelektronik
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> ▪ R. Williams, <i>Modern GaAs Processing Methods</i>, Artech House, Inc., ISBN 0-89006-343-5, 1990. ▪ W. Menz, J.Mohr and O. Paul, <i>Microsystem Technology</i>, VCH-Verlag, 2001. ▪ H.I. Smith, <i>Submicron- and nanometer-structures technology</i>, 2nd edition, NanoStructures Press, 437 Peakham Road, Sudbury, MA 01776, USA, 1994. ▪ D.V. Morgand and K. Board, <i>An introduction to semiconductor microtechnology</i>, 2nd edition, John Wiley & Sons, Chichester 1994 ▪ K. Iga, S. Kinoshita, <i>Process technology for semiconductor lasers</i>, Springer, Series in Material Science 30, 1996. ▪ G.P. Agrawal, N.K. Dutta, <i>Long-wavelength semiconductor lasers</i>, Van Nostrand, 1986. ▪ M. Young, <i>Optics and lasers</i>, Springer-Verlag, Heidelberg, 1993. ▪ P. Bhattacharya, <i>Semiconductor Optoelectronic Devices</i>, 2nd edition, Prentice Hall, London 1997. ▪ T.E. Sale, <i>Vertical cavity surface emitting lasers</i>, John Wiley & Sons Inc., New York, 1995.

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ B. Bhushan (Editor), <i>Springer Handbook of Nanotechnology</i>, Springer, 2004.
Medienformen	Beamer (Vorlesungspräsentation), Tafel (Herleitungen, Erläuterungen), Papier (Übungen).
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Der/die Studierende kann</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Grundlagen der nanotechnologischen Fabrikationstechniken, der Mikro- und Nanomechanik, MEMS, NEMS, MOEMS und NOEMS nachvollziehen und differenzieren. ▪ Grundlagen der nanoskaligen Halbleitertechnologie inklusive spezifischer Prozesse, Verfahren und erforderlichen Maschinen erfassen. ▪ die Methodik, interdisziplinären Aspekte, zukünftige Perspektiven und Marktentwicklungen nachvollziehen. ▪ Problemlösungen, u.a. durch Anwendung interdisziplinärer Ansätze erarbeiten. ▪ Synergien zwischen Ingenieur- und Naturwissenschaften herstellen. ▪ die erworbenen Kenntnisse der Nanotechnologie, Mikromechanik, Bauteile, Dünnschicht- und Reinraumtechnologie im praktischen Einsatz (Reinraum) anwenden. ▪ Methodiken in speziellen Miniaturisierungsverfahren und Integration elektronischer und optoelektronischer Bauteile und Systeme selbständig nachvollziehen und erweitern und dabei nachhaltiges Wissen des Entwurfs, der Herstellung und des Einsatzes nanoelektronischer, (opto)elektronischer und nano- bzw. mikromechanischer Bauteile anwenden.

Modultitel	Optical Communication Systems and ONTE Seminar R5				
Lehrveranstaltungen	Titel	Form	SWS	Credits	Studien-/ Prüfungsleistung
	Nanophotonic and optoelectronic Student Seminar (sem)	Seminar	2	3	2x 30-minütiger Vortrag
	Optical Communication Systems (lec)	Vorlesung	2	3	15-minütige mündliche Prüfung
Credits für das Gesamtmodul	6				
Sprache	Englisch				
Durchführung	im Sommersemester				
Dozent(en)	Bangert, Börcsök, Dahlhaus, Hillmer, Witzigmann				
Verantwortliche(r)	Bangert				
Teilnahmevoraussetzungen	Grundlagenwissen der Nanotechnologie, der Halbleiterelektronik, Grundlagen der Materialkunde, der digitalen Kommunikation, der optischen Kommunikationssysteme, der Nanosystemtechnologie und Nanosensorik sowie der Rechnerarchitektur				
Arbeitsaufwand	60 Stunden Präsenzzeit 120 Stunden Selbststudium				
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Spezielle Themen der Nanophotonik und Optoelektronik (Seminar). ▪ Grundlagen der faseroptischen Übertragung ▪ Fibre-To-The-X-Technologien ▪ WDM ▪ Photonische Netzwerke ▪ SONET-Standard ▪ Systemaspekte ▪ Einsatz nanophotonischer Komponenten in Sendern, Empfängern und Netzwerken ▪ Nanostrukturierte elektronische Hochgeschwindigkeits-Systemkomponenten in optischen Kommunikationssystemen ▪ Digitale Übertragung in photonischen Kommunikationssystemen 				
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> ▪ J.Gowar, <i>Optical Communication Systems</i>, 2nd Ed., Prentice Hall, 1993. ▪ J.G. Proakis, <i>Digital Communications</i>, McGraw-Hill, 4. Aufl., ISBN 0-07-118183-0. ▪ S.L.Chuang, <i>Physics of Optoelectronic Devices</i>, John Wiley & Sons, New York, 1995. ▪ G.P. Agrawal, <i>Fiber-Optic Communication Systems</i>, John Wiley & Sons, New 				

	<p>York, 1997.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ J.P.Laude, <i>DWDM: Fundamentals, Components and Applications</i>, Artech House, 2002. ▪ J. Börcsök, <i>Functional Safety –Basic Principles of Safety-related Systems</i>, Hüthig-Verlag Heidelberg, ISBN 978-3-7785-2986-7 (2007).
Medienformen	Beamer (Vorlesung, Seminarvortrag), Tafel, Test- und Finalpräsentation (Einführung in Vortragstechniken), Körpersprache (Mimik, Gestik).
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Der/die Studierende kann</p> <ul style="list-style-type: none"> • das Zusammenwirken von nanophotonischen Bauelementen und Komponenten in Systemen, sowie das Designpotential der Nanotechnologie, das Maßschneiden von Material und Bauelemente-Eigenschaften durch das Maßschneiden nanoskaliger Geometrieparameter statt Legierungsvariation der Materialien nachvollziehen. • grundlegende Prinzipien nanophotonischer Bauteile und System sowie Struktur und Einsatzgrundsätze nanophotonischer Komponenten erfassen und das Anwendungspotenzial nanophotonischer Bauteile und photonischer Werkzeuge nachvollziehen. • Messdaten analysieren und den Vergleich experimenteller und theoretischer Ergebnisse und Schlussweisen erarbeiten. • unterschiedliche Aufbauten zur optischen Charakterisierung effizient anwenden. • Entwurfsstrategien für optische Kommunikationssysteme ausarbeiten. • die Anforderungen und Entwurfsgrundsätze für elektrooptische und optoelektrische Schnittstellen zuordnen und anwenden. • Problemlösungen, u.a. durch Anwendung interdisziplinärer Analogien finden und dabei auf das Verständnis von Naturphänomenen als Lösungsansätze zurückgreifen. • mittels vertiefter Präsentationstechniken (Gliederung, roter Faden, Strukturierung, Gestik, Mimik, Sprache, Spannungsbögen, präzises Einhalten von Zeitvorgaben) zwei umfangreiche und wissenschaftlich anspruchsvolle Vorträge optimiert aufbauen. • ein für die Studierenden neues Thema selbständig erarbeiten. • die Einsatzmöglichkeiten nanophotonischer Komponenten in Systemen beurteilen • nanotechnologische Entwicklungen sowie deren Auswirkungen auf zukünftige Kommunikationssysteme abschätzen.

Module Practical Training

Modultitel	Nanophotonic Devices and Components P1				
Lehrveranstaltungen	Titel	Form	SWS	Credits	Studien-/ Prüfungsleistung
	Practical Training I (Micromachined filter measurement)	Praktikum	2	3	Bericht und Vortrag
	Practical Training II (Semiconductor laser measurement)	Praktikum	2	3	Bericht und Vortrag
Credits für das Gesamtmodul	6				
Sprache	Englisch				
Durchführung	im Sommer- oder Wintersemester, Themen jederzeit auf Anfrage				
Dozent	Hillmer und Mitarbeiter				
Verantwortliche(r)	Hillmer				
Teilnahmevoraussetzungen	Vertiefte Kenntnisse der Optoelektronik				
Arbeitsaufwand	60 Stunden Präsenzzeit 120 Stunden Selbststudium				
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Konfokale Spektroskopie an nanophotonischen Filterarrays ▪ Faseroptische Reflexions- und Transmissions-Spektroskopie ▪ Messung von nanokavitätsinduzierten Strukturen und nanophotonischen Filterbauelementen ▪ Vergleich der experimentellen Messungen mit den Ergebnissen theoretischer Modellrechnungen ▪ Messung von statischen und mikromechanisch abstimmbaren Sensorarrays, welche mit Nanoimprint hergestellt wurden ▪ Messung von modernen nanophotonischen DFB Halbleiterlasern, welche für ultrahohe Modulationsbandbreiten in der faseroptischen Telekommunikationstechnik hergestellt wurden, Variation von grundlegenden Halbleiterlaserparametern (Injektionsstrom, Temperatur), Messung der Variation der Bragg- und Seitenmodenwellenlängen als Funktion des Injektionsstroms und der Temperatur ▪ Interpretation der Ergebnisse ▪ Das praktische Training wird ständig aktualisiert und an aktuelle Probleme der Nanophotonik angepasst. 				
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> ▪ M. Young, Optics and lasers, Springer-Verlag, Heidelberg, 1993. ▪ J.M. Vaughan, <i>The Fabry Pérot interferometer</i>, Hilger, 1989 ▪ H. Ghafouri-Shiraz, <i>The principles of semiconductor laser diodes and amplifi-</i> 				

	<p>ers, Imperial College Press, London, 2004</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ W.W. Chow, S.W. Koch, <i>Semiconductor laser fundamentals</i>, Springer-Verlag, Berlin, 1999 <p>Fachliteratur gemäß Projektthema.</p>
Medienformen	Training an Labor-Messplätzen, Beamer (Abschlusspräsentation), Bericht (elektronisch und Papier).
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Der/die Studierende kann</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ die experimentelle Charakterisierung von nanophotonischen Bauelementen eigenständig planen, durchführen und dokumentieren. ▪ das grundsätzliche Zusammenspiel von Effekten durch Variation geometrischer Parameter, Materialien, Temperatur und Injektionsstrom nachvollziehen. ▪ leistungsfähige photonische Bauelemente durch die Kombination praktischer Erfahrung und Vorlesungsinhalte differenzieren. ▪ in wissenschaftlicher Form experimentelle Ergebnisse durch Analyse und Interpretation mit spezifischen Bauelementeeigenschaften korrelieren. ▪ die Analyse von Daten- und Parameterfolgen verständlich strukturieren und vor einem Auditorium mit Grundkenntnissen im jeweiligen Themenbereich präsentieren. ▪ die erforderlichen experimentellen Charakterisierungen eigenständig organisieren und ein entsprechendes Projektmanagement, sowohl für den einzelnen wie auch für ein Team (Gruppenarbeit) nachweisen.

Modultitel	Clean Room Technologies P2				
Lehrveranstaltungen	Titel	Form	SWS	Credits	Studien-/ Prüfungsleistung
		Practical Training III (Clean Room)	Praktikum	4	5
	Practical Training IV (Clean Room)	Praktikum	4	5	Bericht und Vortrag
	Practical Training V (Clean Room)	Praktikum	4	5	Bericht und Vortrag
Credits für das Gesamtmodul	15				
Sprache	Englisch				
Durchführung	im Sommer- oder Wintersemester, Themen jederzeit auf Anfrage				
Dozent	Hillmer und Mitarbeiter				
Verantwortliche(r)	Hillmer				
Teilnahmevoraussetzungen	Vertiefte Kenntnisse der Optoelektronik				
Arbeitsaufwand	180 Stunden Präsenzzeit 270 Stunden Selbststudium				
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Optische Lithographie und Analytik ▪ Nanoimprint Lithographie und Analytik ▪ Optische Mikroskopie an Mikrostrukturen ▪ Rasterelektronenmikroskopie an Nanostrukturen ▪ Ionenmikroskopie an Nanostrukturen ▪ Weisslichtinterferometrie an Mikro- und Nanostrukturen ▪ Prozessmonitoring von nano- und mikro- skaligen Strukturen ▪ Vergleich von experimentellen Messungen mit den Ergebnissen theoretischer Modellrechnungen ▪ Variation von grundlegenden nanoskaligen, geometrischen Parametern der Bauelemente und Komponenten und nachfolgende Interpretation der Ergebnisse ▪ Folgende vier nanotechnologischen Standardverfahren werden im Praktikum von den Studierenden durchgeführt, wobei nanotechnologische Teststrukturen und einfache nanophotonische Komponenten hergestellt werden <ul style="list-style-type: none"> ○ Depositionstechnologien (Aufdampfen, Sputtern, Aufschleudern, plasma-assistierte Technologien) ○ Lift-off Technik ○ Plasmaätzttechnologien ○ Nasschemisches Ätzen, Opferschichttechnologien in der Mikro- und Nanosystemtechnik ▪ Verdeutlichung, dass die Analytik in der Nanotechnologie eine besondere Rolle 				

	<p>spielt, dass geometrische und kompositionelle Parameter mit sehr hoher Präzision während des technologischen Prozesses und nach Fertigstellung der Komponenten von essentieller Bedeutung sind. Strukturierungs- und Depositionsgenauigkeiten <1nm müssen messtechnisch erfasst werden, da fast alle Dimensionen der Bauelemente einen ganz wesentlichen Einfluss auf die finalen Bauelemente-Eigenschaften haben. Das praktische Training wird ständig aktualisiert und an aktuelle Probleme der Nanophotonik angepasst.</p>
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> ▪ B. Bhushan (Editor), <i>Springer Handbook of Nanotechnology</i>, Springer, 2004 ▪ W. Menz, J. Mohr and O. Paul, <i>Microsystem Technology</i>, VCH Verlag, 2001 ▪ H.I. Smith, <i>Submicron- and nanometer-structures technology</i>, 2nd edition, Nano Structures Pres, 437 Peakham Road, Sudbury, MA 01776, USA, 1994. ▪ R.J. Shul, <i>Handbook of advanced plasma processing techniques</i>, Springer-Verlag, Berlin, 2000. ▪ M.A. Herman, H. Sitter, <i>Molecular Beam Epitaxy</i>, Springer-Verlag, 1996 ▪ S.M. Rossnagel, <i>Handbook of pasma processing technology</i>, Noyes, 1990 <p>Fachliteratur gemäß Projektthema.</p>
Medienformen	<p>Training im Reinraumlabor, Beamer (Abschlusspräsentation), Bericht (elektronisch und Papier).</p>
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Der/die Studierende kann</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ verschiedene Lithographie-, Depositions- und Ätztechnologien eigenständig anwenden. ▪ das grundsätzliche Zusammenspiel der verschiedenen Prozesse unter Berücksichtigung der Parameter wie z.B. Materialien, Temperatur und Leistung nachvollziehen. ▪ nanophotonische Strukturen experimentell analysieren und nanophotonische Bauelemente charakterisieren. ▪ leistungsfähige photonische Bauelemente durch die Kombination praktischer Erfahrung und Vorlesungsinhalte differenzieren. ▪ in wissenschaftlicher Form experimentelle Ergebnisse durch Analyse und Interpretation mit spezifischen Bauelementeeigenschaften korrelieren. ▪ die Analyse von Daten- und Parameterfolgen verständlich strukturieren und vor einem Auditorium mit Grundkenntnissen im jeweiligen Themenbereich präsentieren. ▪ die erforderlichen experimentellen Charakterisierungen eigenständig organisieren und ein entsprechendes Projektmanagement, sowohl für den einzelnen wie auch für ein Team (Gruppenarbeit) nachweisen.

Thesenmodule

Modultitel	Optoelectronics T1				
Lehrveranstaltungen	Titel	Form	SWS	Credits	Studien-/ Prüfungsleistung
	Master Thesis in Optoelectronics	Abschlussarbeit (Master Thesis)	20	30	Bericht und Vortrag
Credits für das Gesamtmodul	30				
Sprache	Englisch				
Durchführung	im Sommer- oder Wintersemester, Themen jederzeit auf Anfrage				
Dozent	Hillmer				
Verantwortliche(r)	Hilmer				
Teilnahmevoraussetzungen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grundlagenkenntnisse der Optoelektronik ▪ Nachweis der Zulassungsvoraussetzung zur Master Thesis gemäß ONTE-Prüfungsordnung. 				
Arbeitsaufwand	300 Stunden Präsenzzeit 600 Stunden Selbststudium				
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Selbstständige wissenschaftliche Behandlung einer Fragestellung aus dem Bereich der Photonik und verwandter Themen wie Entwurfsverfahren, technologische Herstellungsverfahren im Reinraum, Charakterisierung von optoelektronischen Bauteilen oder Systemen, Nanotechnologie und Mikromechanik ▪ Die Studierenden behandeln Probleme mit großem Anwendungspotenzial, zum Teil in Konsortien mit Industriebeteiligung. 				
Literatur	Fachliteratur gemäß Thema der Arbeit.				
Medienformen	Softwareentwicklung am Rechner und/oder Hardwareentwicklung, Messinstrumente und Experimente, Beamer (Präsentation der Ergebnisse), Bericht (elektronisch und Papier).				
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Der/die Studierende kann</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ theoretische Modelle für ein bestimmtes Problem herleiten. ▪ experimentelle Arbeiten im Bereich der Nanotechnologie oder der Charakterisierung von nanophotonischen Bauelementen eigenständig durchführen oder selbständig theoretische Modelle entwerfen und für Simulationsrechnungen nutzen. ▪ Messdaten in wissenschaftlicher Form analysieren und interpretieren. ▪ die eigenen Ergebnisse mit Ergebnissen aus der Literatur vergleichen und einordnen ▪ einen wissenschaftlichen Bericht und einen Vortrag der Ergebnisse im Rahmen eines Kolloquiums selbständig erstellen und in wissenschaftlicher Form prä- 				

	<p>sentieren.</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Arbeiten in Gruppen/Projekten effizient managen.▪ Verdeutlichen, dass Modellbildung, Design, Prozess- und Herstellungstechnik sowie Analytik in der Nanotechnologie eine besondere Rolle spielt, dass geometrische und kompositionelle Parameter mit sehr hoher Präzision während des technologischen Prozesses und nach Fertigstellung der Komponenten von essentieller Bedeutung ist. Strukturierungs- und Depositionsgenauigkeiten <1nm müssen prozesstechnisch beherrschbar und messtechnisch erfasst werden, da fast alle Dimensionen der Bauelemente einen ganz wesentlichen Einfluss auf die Bauelemente-Eigenschaften haben. Die Nanotechnologie ist bezüglich Struktur, Prozess und Monitoring allgegenwärtig.
--	---

Modultitel	Electromagnetic Nanoscience T2				
Lehrveranstaltungen	Titel	Form	SWS	Credits	Studien-/ Prüfungsleistung
	Master Thesis in Electromagnetic Nanoscience	Abschlussarbeit (Master Thesis)	20	30	Bericht und Vortrag
Credits für das Gesamtmodul	30				
Sprache	Englisch				
Durchführung	im Sommer- oder Wintersemester, Themen jederzeit auf Anfrage				
Dozent	Witzigmann und Mitarbeiter				
Verantwortliche(r)	Witzigmann				
Teilnahmevoraussetzungen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grundlagenkenntnisse der theoretischen Elektrotechnik ▪ Nachweis der Zulassungsvoraussetzung zur Master Thesis gemäß ONTE-Prüfungsordnung. 				
Arbeitsaufwand	300 Stunden Präsenzzeit 600 Stunden Selbststudium				
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Theoretische Probleme der Elektromagnetik in nanophotonischen Bauelementen, Komponenten und Systemem, welche einen deutlichen Anwendungsbezug aufweisen ▪ 2- und 3-dimensionale Simulation und Design nanophotonischer Bauelemente:LED, Laser, Solarzellen, Resonatoren, Wellenleiter ▪ Anwendung nanophotonischer Systeme in der Optik ▪ Entwerfen und Anwenden numerischer Methoden der elektromagnetischen Nanostrukturwissenschaften für die Anwendungen im optischen und nahen IR Spektralbereich ▪ Methodenentwicklung für theoretische Modellrechnungen auf dem Gebiet der Nanophotonik ▪ Nanoskalige physikalische Modellbildung unter Berücksichtigung quantenmechanischer Einflüsse in der Nanophotonik und Nanoelektronik 				
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> ▪ S.L. Chuang, Physics of Optoelectronic Devices, ▪ J. Jin, The Finite Element Method in Electromagnetics, John Wiley & Sons, 2002. ▪ Fachliteratur gemäß Thema der Arbeit. 				
Medienformen	Softwareentwicklung am Rechner und/oder Hardwareentwicklung, Anwendung leistungsfähigster Software, Beamer (Präsentation der Ergebnisse), Bericht (elektronisch und Papier).				
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Der/die Studierende kann</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ eine Fragestellung aus dem Bereich der Elektromagnetik und Nanophotonik im Bauelementdesign selbständig wissenschaftlich behandeln. ▪ die eigenen Ergebnisse mit Ergebnissen aus der Literatur vergleichen und einordnen ▪ einen wissenschaftlichen Bericht und einen Vortrag der Ergebnisse im Rahmen eines Kolloquiums selbständig erstellen und in wissenschaftlicher Form präsentieren. ▪ Arbeiten in Gruppen/Projekten effizient managen. 				

Modultitel	Optical Communication Systems T3				
Lehrveranstaltungen	Titel	Form	SWS	Credits	Studien-/ Prüfungsleistung
		Master Thesis in Optical Communication Systems	Abschlussarbeit (Master Thesis)	20	30
Credits für das Gesamtmodul	30				
Sprache	Englisch				
Durchführung	im Sommer- oder Wintersemester, Themen jederzeit auf Anfrage				
Dozent	Bangert und Mitarbeiter				
Verantwortliche(r)	Bangert				
Teilnahmevoraussetzungen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grundlagenkenntnisse der optischen Kommunikationssysteme ▪ Nachweis der Zulassungsvoraussetzung zur Master Thesis gemäß ONTE-Prüfungsordnung. 				
Arbeitsaufwand	300 Stunden Präsenzzeit 600 Stunden Selbststudium				
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rechnergestützter Entwurf nanophotonischer Kommunikationssysteme ▪ Messtechnische Charakterisierung nanophotonischer Komponenten ▪ Modellierung nanophotonischer Komponenten ▪ Modellierung nanostrukturierter elektronischer Komponenten ▪ Modellierung von optischen Kommunikationssystemen mit nanophotonischen Komponenten aus dem Blickwinkel der Systemtechnik ▪ Methodenentwicklung moderner optischer Messtechnik für nanophotonische Komponenten, Bauelemente und Systeme ▪ Experimentelle Charakterisierung moderner nanophotonischer Bauelemente und Systeme ▪ Themen der Hochgeschwindigkeitselektronik 				
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fachliteratur gemäß Thema der Arbeit. 				
Medienformen	Hardwareentwicklung und/oder Softwareentwicklung am Rechner, Beamer (Präsentation der Ergebnisse), Bericht (elektronisch und Papier).				
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Der/die Studierende kann</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ eine Fragestellung aus dem Bereich der optischer Kommunikationssysteme und verwandter Themen selbständig wissenschaftlich behandeln. ▪ praktisch, sicher und vorsichtig mit nanophotonischen Komponenten umgehen. ▪ optische Netzwerke inkl. nanostrukturierter und nanophotonischer Komponenten simulieren und unterschiedliche Messsysteme und Verfahren zur Charakterisierung nanophotonischer Komponenten verwenden. ▪ den Einfluss nanophotonischer Komponenten auf Systemebene einordnen und beurteilen. 				

	<ul style="list-style-type: none">▪ die eigenen Ergebnisse mit Ergebnissen aus der Literatur vergleichen und einordnen▪ einen wissenschaftlichen Bericht und einen Vortrag der Ergebnisse im Rahmen eines Kolloquiums selbständig erstellen und in wissenschaftlicher Form präsentieren.▪ Arbeiten in Gruppen/Projekten effizient managen.
--	--

Modultitel	Digital Communications T4				
Lehrveranstaltungen	Titel	Form	SWS	Credits	Studien-/ Prüfungsleistung
		Master Thesis in Digital Communications	Abschlussarbeit (Master Thesis)	20	30
Credits für das Gesamtmodul	30				
Sprache	Englisch				
Durchführung	im Sommer- oder Wintersemester, Themen jederzeit auf Anfrage				
Dozent	Dahlhaus und Mitarbeiter				
Verantwortliche(r)	Dahlhaus				
Teilnahmevoraussetzungen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grundlagenkenntnisse der digitalen Kommunikation ▪ Nachweis der Zulassungsvoraussetzung zur Master Thesis gemäß ONTE-Prüfungsordnung. 				
Arbeitsaufwand	300 Stunden Präsenzzeit 600 Stunden Selbststudium				
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verfahren in der physikalischen Schicht und Medienzugriffsschicht des OSI-Modells drahtloser Kommunikationssysteme mit mikro- und nanoskaligen Komponenten ▪ Themen der digitalen Kommunikation. 				
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> ▪ J.G. Proakis, <i>Digital Communications</i>, McGraw-Hill, 4. Aufl., ISBN 0-07-118183-0. ▪ H. Vincent Poor, <i>An Introduction to Signal Detection and Estimation</i>, Springer-Verlag, 2nd ed., ISBN 0-387-94173-8 or ISBN 3-540-94173-8 ▪ A. Papoulis, S. U. Pillai, <i>Probability, Random Variables, and Stochastic Processes</i>, McGraw-Hill, 4. Aufl., ISBN 0071226613. ▪ H.L. van Trees, <i>Detection, Estimation, and Modulation Theory</i>, vol. I, New York, NY: John Wiley&Sons, 1968. ▪ Fachliteratur gemäß Thema der Arbeit. 				
Medienformen	Softwareentwicklung am Rechner und/oder Hardwareentwicklung, Beamer (Präsentation der Ergebnisse), Bericht (elektronisch und Papier).				
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Der/die Studierende kann</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ eine Fragestellung aus dem Bereich der physikalischen Schicht und Medienzugriffsschicht des OSI-Modells in drahtlosen Kommunikationssystemen mit mikro- und nanoskaligen Komponenten und verwandter Themen selbständig wissenschaftlich behandeln. ▪ die eigenen Ergebnisse mit Ergebnissen aus der Literatur vergleichen und einordnen ▪ einen wissenschaftlichen Bericht und einen Vortrag der Ergebnisse im Rahmen eines Kolloquiums selbständig erstellen und in wissenschaftlicher Form präsentieren. ▪ Arbeiten in Gruppen/Projekten effizient managen. 				

Modultitel	Functional Safety T5				
Lehrveranstaltungen	Titel	Form	SWS	Credits	Studien-/ Prüfungsleistung
		Master Thesis in Functional Safety	Abschlussarbeit (Master Thesis)	20	30
Credits für das Gesamtmodul	30				
Sprache	Englisch				
Durchführung	im Sommer- oder Wintersemester, Themen jederzeit auf Anfrage				
Dozent	Börcsök und Mitarbeiter				
Verantwortliche(r)	Börcsök				
Teilnahmevoraussetzungen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grundlagenkenntnisse der Rechnerarchitektur ▪ Nachweis der Zulassungsvoraussetzung zur Master Thesis gemäß ONTE-Prüfungsordnung 				
Arbeitsaufwand	300 Stunden Präsenzzeit 600 Stunden Selbststudium				
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Themen der sicheren Rechnerarchitekturen und nanooptischer Systemen (optical communication on multi core chips etc.) ▪ Selbstständige wissenschaftliche Behandlung einer Fragestellung aus dem Bereich der optoelektronischer bzw. nanooptischer Architekturen in System- bzw. Rechnerarchitekturen mit Problemstellungen der funktionalen Sicherheit. ▪ Modellierung und Berechnung von Parameter der funktionalen Sicherheit bei nanooptischen Komponenten und/oder Systemen. ▪ Die Studierenden behandeln Probleme mit großem Anwendungs-potenzial, zum Teil mit Industriebeteiligung 				
Literatur	Fachliteratur gemäß Thema der Arbeit.				
Medienformen	Hardwareentwicklung, Softwareentwicklung am Rechner, Beamer (Präsentation der Ergebnisse), Bericht (elektronisch und Papier).				
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Der/die Studierende kann</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Theoretische Modelle für Probleme der Funktionalen Sicherheit beim Einsatz von nanooptischen bzw. optischen Komponenten für ein bestimmtes Problem herleiten. ▪ Messdaten und statistische Ergebnisse aus Sicherheitsmodellen in wissenschaftlicher Form analysieren und bewerten. ▪ Fragestellungen aus dem Bereich der funktionalen Sicherheit mit Einsatz von optischen bzw. nanooptischen Komponenten selbständig wissenschaftlich behandeln. ▪ die eigenen Ergebnisse mit Ergebnissen aus der Literatur vergleichen und einordnen ▪ einen wissenschaftlichen Bericht und einen Vortrag der Ergebnisse im Rahmen eines Kolloquiums selbständig erstellen und in wissenschaftlicher Form präsentieren. ▪ Arbeiten in Gruppen/Projekten effizient managen. 				

Qualifikationsmodule

Fehlen Bewerberinnen/Bewerbern Voraussetzungen für die Zulassung zum ONTE–Masterstudium, kann der Prüfungsausschuss gemäß §5 Abs.(5) der ONTE–Prüfungsordnung die Zulassung unter der Auflage aussprechen, dass bis zur Anmeldung der Masterarbeit die fehlenden Kenntnisse durch erfolgreiches Absolvieren von Modulen im Umfang von maximal 30 Credits aus den im Folgenden aufgelisteten Modulen nachgewiesen werden.

Die Module sind thematisch gegliedert in die Bereiche

- **Electromagnetics and Optics**
- **Mathematics**
- **Engineering Physics, Materials and Chemistry**
- **Fundamentals of Signal Processing and Communications**
- **Language Course Technical English**
- **Optical Communication Systems**
- **Safety and Computer Architectures.**

Innerhalb eines Bereichs gilt für die Module die o.g. Namenskonvention <BEREICH TYP NR> wie z.B. Electromagnetics and Optics *Q1*, wobei TYP gleich **Q** (für **Q**ualifikationsmodul) ist und NR wiederum eine laufende Nummer bezeichnet.

Modultitel	Electromagnetics and Optics Q1				
Lehrveranstaltungen	Titel	Form	SWS	Credits	Studien-/ Prüfungsleistung
	Electromagnetics (lec)	Vorlesung	2	3	2-stündige schriftliche Prüfung oder 30-minütige mündliche Prüfung
	Electromagnetics (ex)	Übung	1	1	
	Optics (lec)	Vorlesung	3	4	2-stündige schriftliche Prüfung oder 30-minütige mündliche Prüfung
	Optics (ex)	Übung	1	1	
Credits für das Gesamtmodul	9				
Sprache	Englisch				
Durchführung	im Wintersemester oder im Sommersemester				
Dozent	Hillmer und Witzigmann				
Verantwortliche(r)	Witzigmann				
Teilnahmevoraussetzungen	Grundlagenkenntnisse der elektronischen Bauelemente (Dioden, Transistor), Grundlagenkenntnisse Materialwissenschaften				
Arbeitsaufwand	180 Stunden Präsenzzeit 60 Stunden Selbststudium				
Inhalt	<u>Electromagnetics:</u> Electrostatics & Magnetostatics <ul style="list-style-type: none"> ▪ Coulomb's Law, Gauss' Law, Polarization, Biot-Savart Law ▪ Integral Theorems (Gauss, Stokes), Operators ▪ Poisson, Laplace Equation ▪ Transition conditions and boundary conditions ▪ Fundamentals of Maxwells Equations ▪ Differential and integral formulation ▪ Vectorial Wave Equation, Helmholtz Equation ▪ Plane Wave, TEM Wave ▪ Poynting Vector ▪ Time vs. Frequency Domain <u>Basics of Optics:</u> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Basics of different models: Ray optics Wave optics (Quantum optics) 				

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geometric optics: Geometrical propagation of light, Fermat principles, Mirror, Thin lens, Lens Aberrations, Chromatic aberration, Spherical aberration ▪ Diffraction and polarization: Introduction to Diffraction, Diffraction from Narrow Slits, Resolution of Single-Slit and Circular Apertures, The Diffraction Prism and Grating, Diffraction of X-Rays by Crystals, Polarization of Light Waves ▪ Interference: Conditions for Interference, Young's Double-Slit Experiment, Intensity Distribution of the Double-Slit Interference Pattern, Phasor Addition of Waves, Change of Phase Due to Reflection, Interference in Thin Films, Interferometer ▪ Huygens principle for a/an: Light beam Interface between 2 different media Prism Single slit Grating with unextended slits Grating with extended slits Binary optics Phase gratings, step index gratings ▪ Introduction to Maxwell' equations and wave equation: Light and Wave Motion Types of Waves in General, Properties of Waves, Wave Equations, Principle of Superposition, Interference, Reflection, Transmission, and Resonance; Wave nature of light: Boundary conditions, Coherence, Diffraction, Young's double slit experiment ▪ Basic properties of light: Wave nature of light, Refraction index, Group velocity and group index, Laws of reflection and transmission, Particle nature of light and De Broglie hypothesis ▪ Optical imaging: Formation of an image, Eye, Camera, Microscope, TEM, SEM ▪ Einführung in die Fachtermini. Ausführliche Erklärung aller verwendeten Fachbegriffe ▪ Einführung in die Optik ▪ Veranschaulichung des Brechungsindex, der Polarisierung, der Interferenz, der Brechung und der Beugung ▪ Detaillierte Verdeutlichung der Spalt- und Gitter-Beugung, wobei die Sensitivität bezüglich nanoskaliger Variationen besonders geschärft wird ▪ Unterstützung letzteren Punkts durch In-situ Simulationstools, wobei das Bedienungs-Template und das Resultat mit dem Beamer projiziert werden ▪ Materialeigenschaften von Glas: Dispersion, Absorption ▪ Optische Wellenleiter ▪ Interferometer ▪ Einführung in die Grundlagen von Laser, LEDs, Photodioden und Solarzellen
--	--

Literatur	<ul style="list-style-type: none"> ▪ J.Gowar, <i>Optical Communication Systems</i>, 2nd Ed., Prentice Hall, 1993. ▪ K.Iga, S.Kinoshita, <i>Process technology for semiconductor lasers</i>, Springer, Series in Material Science 30, 1996. ▪ S.L.Chuang, <i>Physics of Optoelectronic Devices</i>, John Wiley & Sons, New York, 1995. ▪ F. Träger (Editor), <i>Springer Handbook of Lasers and Optics</i>, Springer, 2007.
Medienformen	Verwendung von softwaretechnischen interaktiven Visualisierungstools, die die Studierenden im hands-on Betrieb erfahren, Beamer (Vorlesungspräsentation), Tafel (Herleitungen, Erläuterungen), Papier (Übungen).
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Der/die Studierende kann</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ die Grundlagen optischer und optoelektronischer Bauelemente wiedergeben. ▪ den Aufbau und die Betriebsprinzipien grundlegender optoelektronischer Bauelemente nachvollziehen. ▪ das Anwendungspotenzial optoelektronischer Bauelemente und photonischer Werkzeuge einschätzen. ▪ grundlegende optoelektronische Probleme berechnen. ▪ Die Zusammenspiele elektronischer, optischer und , thermischer Phänomene in optoelektronischen Bauelementen in stark vereinfachter Form wiedergeben ▪ Grundkenntnisse des Betriebs und des Einsatzes optoelektronischer Bauelemente wiedergeben. ▪ Grundlagen des händischen Zeichnens wissenschaftlicher Diagramme und Skizzen anwenden, so dass der Studierende wissenschaftlich diskutieren kann

Modultitel	Mathematics Q2				
Lehrveranstaltungen	Titel	Form	SWS	Credits	Studien-/ Prüfungsleistung
	Mathematics 1 (lec)	Vorlesung	1	2	2-stündige schriftliche Prüfung
	Mathematics 1 (ex)	Übung	1	1	
	Mathematics 2 (lec)	Vorlesung	1	2	2-stündige schriftliche Prüfung
	Mathematics 2 (ex)	Übung	1	1	
Credits für das Gesamtmodul	6				
Sprache	Englisch				
Durchführung	im Wintersemester oder im Sommersemester				
Dozent	Witzigmann und Bangert				
Verantwortliche(r)	Bangert				
Teilnahmevoraussetzungen	Grundlagenkenntnisse der Algebra, Differenzialrechnung, Integralrechnung				
Arbeitsaufwand	100 Stunden Präsenzzeit 80 Stunden Selbststudium				
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Linear Equations: Linear Equations, solutions of systems ▪ Matrices: Introduction, basic properties Determinants, solutions of systems ▪ Trigonometry: Trigonometric basics and identities, right angles triangles General triangle formulae ▪ Functions: Introduction, motivation Types – Linear, polynomial, power, exponential, logarithmic ▪ Limits: Introduction to Limits, properties Limit Rules, problem solving with various functions ▪ Scalars and Vectors: Basics, properties, Coordinate systems Scalar and Vector Products ▪ Differential Calculus: Definition of the Derivative 				

	<p>Derivative properties Derivatives of Some Basic Functions Second Order Derivative Partial Derivative Applications of Derivative: Maximum and Minimum and Taylor expansion</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Integral Calculus: Meaning of Integration Why Do We Need Integration? Types of Integration Integration Techniques: Substitution, Integration by Parts, Trigonometric Method, Trigonometric Substitution and Numerical Integration Application of Integration: Area, volume and work ▪ Differential Equations: Definition of Differential Equation Why Study Differential Equations? Ordinary Differential Equation (ODE) Partial Differential Equation (PDE) Order and Degree of a Differential Equation Differential Equation solving: Separable First Order Differential Equation, Homogeneous First Order Differential Equation, Linear First Order Differential Equation and Linear Homogeneous Second Order Differential Equation Partial differential Equation (PDE) Applications of Partial Differential Equation: Heat Equation and Numerical solutions to the Heat Equation ▪ Fourier Series, Fourier and Laplace Transforms: Fourier series Fourier Transform Laplace transform
Literatur	wird in der Vorlesung bekanntgegeben
Medienformen	Beamer (Vorlesungspräsentation), Tafel (Herleitungen, Erläuterungen), Papier (Übungen)
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Der/die Studierende kann</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ grundlegende Konzepte der Mathematik nachvollziehen. ▪ die Grundlagen der Vektor-/Tensoralgebra, Vektor-/Tensoranalysis, Differentialgleichungen, Fourier- und Laplace-Transformation anwenden. ▪ Eigenwertprobleme verstehen und ansatzweise behandeln ▪ den Eigenwertproblemaufbau bestimmter nanophotonischer Probleme nachvollziehen, wie sie in den Mastermodulen vorkommen in der Quantenmechanik und Wellengleichung, ▪ Methodik der Behandlung von Festkörperkristallproblemen ansatzweise nachvollziehen ▪ grundlegende geometrische Wellen-Probleme berechnen und zeichnen wie sie in den nachfolgenden regulären Mastermodulen gefordert sind.

Modultitel	Engineering Physics, Materials and Chemistry Q3				
Lehrveranstaltungen	Titel	Form	SWS	Credits	Studien-/ Prüfungsleistung
	Physics (lec)	Vorlesung	1	2	2-stündige schriftliche Prüfung oder 30-minütige mündliche Prüfung
	Materials and Chemistry (lec)	Vorlesung	2	2	
	Semiconductor Physics (lec)	Vorlesung	3	4	2-stündige schriftliche Prüfung oder 30-minütige mündliche Prüfung
Credits für das Gesamtmodul	8				
Sprache	Englisch				
Durchführung	im Wintersemester und im Sommersemester				
Dozent	Hillmer				
Verantwortliche(r)	Hillmer				
Teilnahmevoraussetzungen	Grundlagenkenntnisse der elektronischen Bauelemente (Dioden, Transistor) und der Physik				
Arbeitsaufwand	180 Stunden Präsenzzeit 60 Stunden Selbststudium				
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Measurement of physical properties and units in physics: Introduction of basic common symbols, Fundamental Units, Conversion of Units, Vectors ▪ Continuum Mechanics: Stress, Strain, Poisson's Ratio, Surface Tension, Capillary Effect, Viscosity, Elastic Moduli: Young's Modulus, Shear Modulus, Bulk Modulus ▪ Structure of matter: Structure of atoms, chemical bindings in molecules, chemical bindings in solids ▪ Crystallography: Classification of Solids, Description of Crystal Lattice by Vectors: Unit Cell, Bravais Lattice, Miller Indices, Methods of Solid Structure Investigation: Bragg's Law and Diffraction, X-ray Diffraction ▪ Dielectric materials: physical models of electrical polarization ▪ Magnetic materials: macroscopic description of magnetic properties, atomistic description of magnetic properties 				

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Chemical reactions: law of mass action basics of chemical etching of solids redox reactions ▪ Quantum Physics: Limitations of Classical Physics: Black Body Radiation, Photoelectric Effect, Wave Particle Duality: De Broglie's Hypothesis, Schrödinger Equation ▪ Statistical Physics: Boltzmann Distribution, Maxwell-Boltzmann Distribution, Fermi-Dirac Distribution, Bose-Einstein Distribution ▪ Halbleiterphysik: Grundlagen, das Elektron und das Loch, die Bandlücke, Bindungsmodell, Eigenleitung, Fremdleitung, Diffusionsströme und Feldströme, Bändermodell im Orts- und k-Raum, Fermienergie, Boltzmannverteilung, Fermiverteilung ▪ pn-Diode: pn-Übergang, Diffusionsspannung, Diodenkennlinie, Raumladungszone, thermisches Verhalten, Wärmewiderstand, Nichtidealitäten der realen pn-Diode, Rekombination in der Raumladungszone, pin-Diode, Schottky-Diode, Feldeffekt Bipolartransistor und Feldeffekttransistor: Aufbau und Funktionsprinzip ▪ Einführung in die Fachtermini. Ausführliche Erklärung aller verwendeten Fachbegriffe ▪ Einführung in das Periodensystem der Elemente ▪ Physik der Festkörperkristalle ▪ Amorphe Materialien und Gläser ▪ Unterstützung der Kristalltechnologie durch In-situ Simulationstools, wobei das Bedienungs-Template und das Resultat mit dem Beamer projiziert wird ▪ Materialeigenschaften von Metallen, Isolatoren und Halbleitern ▪ Kovalente und ionische Kristallbindung ▪ Stabilitätskriterien von Verbindungshalbleitern, Achterschalenkriterium ▪ Methodik der Reaktion von chemischen Elementen zu stabilen Kristallen ▪ Einführung in die Grundlagen von Schalen und Orbitalmodellen ▪ Redoxreaktionen ▪ Mechanische Oszillationen mit korrespondierenden Differentialgleichungen
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Literatur wird in der Vorlesung bekannt gegeben ▪ S.M.Sze "Semiconductor Physics"
Medienformen	Beamer (Vorlesungspräsentation), Tafel (Herleitungen, Erläuterungen), Papier (Übungen), Experimente (Praktikum).
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Der/die Studierende kann</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ die Grundlagen der Halbleiterelektronik, insbesondere der Bändermodelle wiedergeben ▪ Das Zustandekommen unterschiedlicher Bandlücken und Lagen der Fermienergie auf der Energieachse nachvollziehen.

	<ul style="list-style-type: none">▪ das Anwendungspotenzial von Halbleitermaterialien und den Halbleiterbauelementen einschätzen.▪ grundlegende halbleitertechnische Probleme berechnen, wie die Elektronenkonzentration im Leitungsband, die Löcherkonzentration im Valenzband, Feldströme, Diffusionsströme, der Feldverlauf und der Potentialverlauf (Bandkantenverlauf) in der Raumladungszone eines pn-Übergangs,▪ die komplexen Zusammenspiele von thermischen Eigenschaften und elektronischen Ladungsträgerverteilungen wiedergeben▪ die Grundlagen der Materialwissenschaften und der anorganischen Chemie wiedergeben.▪ den Aufbau der Festkörperkristalle insbesondere der Halbleiterkristalle nachvollziehen.▪ das Anwendungspotenzial von Festkörpermaterialien und Gläsern einschätzen.▪ grundlegende kristallographische Probleme berechnen.▪ die komplexen Zusammenspiele von thermischen Eigenschaften und Materialeigenschaften wiedergeben
--	--

Modultitel	Fundamentals of Signal Processing and Communications Q4				
Lehrveranstaltungen	Titel	Form	SWS	Credits	Studien-/ Prüfungsleistung
	Fundamentals of Signal Processing and Communications (lec)	Vorlesung	2	4	2-stündige schriftliche Prüfung oder 30-minütige mündliche Prüfung
	Fundamentals of Signal Processing and Communications (ex)	Übung	1	1	
Credits für das Gesamtmodul	5				
Sprache	Englisch				
Durchführung	im Wintersemester und im Sommersemester				
Dozent	Dahlhaus				
Verantwortliche(r)	Dahlhaus				
Teilnahmevoraussetzungen	Grundlagenkenntnisse der Mathematik				
Arbeitsaufwand	90 Stunden Präsenzzeit 60 Stunden Selbststudium				
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Introduction: <ul style="list-style-type: none"> Basics in signals and systems Fundamental signal processing schemes: detection and estimation Communications: waveform signaling and transmission ▪ Signals and Systems: <ul style="list-style-type: none"> Description of signals and systems Linear channels: kernels and convolution Eigenfunctions of linear time-invariant channels and the Fourier transform Kirchhoff networks Signal spectra and filtering Sampling of deterministic signals: the Shannon-Kotelnikov theorem ▪ Basics in Statistical Signal Processing: <ul style="list-style-type: none"> Deterministic vs. stochastic description of physical phenomena Probability and random variables Multivariate Gaussian density functions and properties Wide-sense stationary stochastic processes: spectra and correlation functions Examples of detection and estimation problems ▪ Basics in Communications: <ul style="list-style-type: none"> Band-pass signals and systems: the complex baseband representation Analog vs. digital modulation 				

	Binary transmission over the additive white Gaussian channel: optimum detection and bit-error rate performance
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> ▪ J.G. Proakis, <i>Digital Communications</i>, McGraw-Hill, 4th ed., ISBN 0-07-118183-0. ▪ Athanasios Papoulis, S. Unnikrishna Pillai, <i>Probability, Random Variables, and Stochastic Processes</i>, Mcgraw-Hill Publ.Comp.; 4th ed., international edition, January 2002
Medienformen	Beamer (Vorlesungspräsentation), Tafel (Herleitungen, Erläuterungen), Papier (Übungen).
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Der/die Studierende kann</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Signale und Systeme gemäß unterschiedlicher Kategorien klassifizieren und geeignet beschreiben ▪ klassische Parameter linearer Systeme zum Systementwurf verwenden ▪ eine Signal- und Systemcharakterisierung im Frequenzbereich durchführen ▪ deterministische und stochastische Beschreibungen von Signalen und Systemen für unterschiedliche Anwendungen nachvollziehen und fundamentale resultierende Verfahren der Signalverarbeitung wie Signaldetektion und -schätzung verstehen ▪ Signalübertragung in Systemen mit nanoskaligen Elementen beschreiben und Detektionsverfahren verstehen.

Modultitel	Language Course Technical English Q5				
Lehrveranstaltungen	Titel	Form	SWS	Credits	Studien- / Prüfungsleistung
	Technical English (lec)	Vorlesung	1	1	Insgesamt 90 Minuten, schriftliche und mündliche Prüfung
	Technical English (ex)	Übung	1	1	
Credits für das Gesamtmodul	2				
Sprache	Englisch				
Durchführung	im Wintersemester und im Sommersemester				
Dozent	Universitätssprachenzentrum				
Verantwortliche(r)	Börczök				
Teilnahmevoraussetzungen	Englische Grundlagenkenntnisse				
Arbeitsaufwand	30 Stunden Präsenzzeit 30 Stunden Selbststudium				
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Technical English ▪ Especially focused are the fields of: Geometry, shape and materials, graphs, Electromagnetics Optics Mathematics Physics, Materials, Chemistry Signal Processing Optical Communication Systems Computer Architecture and Safety ▪ Grammar ▪ Discussion ▪ Presentation 				
Literatur	wird in der Vorlesung bekanntgegeben				
Medienformen	Tafel, Sprachlabor, Papier (Übungen)				
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Der/die Studierende ist in der Lage</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ die englischsprachigen Lehrveranstaltungen zu verstehen ▪ sich an englischsprachigen Diskussionen zu beteiligen ▪ wissenschaftliche Berichte in englischer Sprache zu erstellen ▪ wissenschaftliche Präsentationen und Vorträge in englischer Sprache im Rahmen eines Kolloquiums zu halten ▪ sich auf internationalem Boden mit Kollegen in englischer Sprache auszutauschen 				

Modultitel	Optical Communication Systems Q6				
Lehrveranstaltungen	Titel	Form	SWS	Credits	Studien- / Prüfungsleistung
	Optical Communication Systems (lec)	Vorlesung	2	3	30-minütige mündliche Prüfung
	Optical Communication Systems (ex)	Übung	1	1	
Credits für das Gesamtmodul	4				
Sprache	Englisch				
Durchführung	im Wintersemester und im Sommersemester				
Dozent	Bangert				
Verantwortliche(r)	Bangert				
Teilnahmevoraussetzungen	Grundlagenkenntnisse der elektronischen Bauelemente (Dioden, Transistor), Grundwissen der Optik				
Arbeitsaufwand	70 Stunden Präsenzzeit 50 Stunden Selbststudium				
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einführung in die Fachtermini. Ausführliche Erklärung aller verwendeten Systemfachbegriffe ▪ Einführung in die optische Kommunikationstechnik ▪ Einführung in die Displaytechnik ▪ Wellenlängenmultiplexsysteme, Zeitmultiplexsysteme ▪ Unterstützung der Inhalte durch In-situ Simulationstools, wobei das Bedienungs-Template und das Resultat mit dem Beamer projiziert werden ▪ Optische Wellenleiter aus Systemsicht 				
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> ▪ J.Gowar, <i>Optical Communication Systems</i>, 2nd Ed., Prentice Hall, 1993 ▪ Weitere Literatur wird in der Vorlesung bekannt gegeben 				
Medienformen	Verwendung von softwaretechnischen interaktiven Visualisierungstools, die die Studierenden im hands-on Betrieb erfahren, Beamer (Vorlesungspräsentation), Tafel (Herleitungen, Erläuterungen), Papier (Übungen).				
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Der/die Studierende</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ kann die Grundlagen optischer Kommunikationssysteme wiedergeben. ▪ kann den Aufbau und die Betriebsprinzipien grundlegender optoelektronischer Kommunikationssysteme nachvollziehen. ▪ kann das Anwendungspotenzial optoelektronischer Kommunikationssysteme und photo-nischer Werkzeuge einschätzen. ▪ kann grundlegende optoelektronische Systemprobleme berechnen. ▪ hat Grundkenntnisse des Betriebs und des Einsatzes optoelektronischer Kommunikationssysteme erworben 				

Modultitel	Safety and Computer Architecture Q7				
Lehrveranstaltungen	Titel	Form	SWS	Credits	Studien- / Prüfungsleistung
	Reliabletheory of computer architectures (lec)	Vorlesung	2	2	2-stündige schriftliche Prüfung oder 30-minütige mündliche Prüfung
	Reliabletheory of computer architectures (ex)	Übung	1	2	
Credits für das Gesamtmodul	4				
Sprache	Englisch				
Durchführung	im Sommersemester, jährlich				
Dozent	Börcsök und Mitarbeiter				
Verantwortliche(r)	Börcsök				
Teilnahmevoraussetzungen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Abgeschlossenes B.Sc.-Studium, ▪ Programmierkenntnisse, ▪ Grundlagen der Informatik, ▪ Digitaltechnik, ▪ Mikroprozessoren oder Rechnerarchitektur, ▪ Regelungstechnik, ▪ Mathematik 				
Arbeitsaufwand	60 Stunden Präsenzzeit 120 Stunden Selbststudium				
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wahrscheinlichkeits-, Verfügbarkeits- und Sicherheitsbetrachtung von Rechnersystemen, ▪ mathematische Modellbeschreibungen unterschiedlicher Rechnersysteme. ▪ Funktionsblockanalyse, ▪ Markov-Modell, ▪ Prüfverfahren, ▪ Beispielanwendungen aus verschiedenen Applikationen. 				
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> ▪ J. Börcsök, electronic safety systems, Huethig, 2ed 2007 ISBN 3-7785-2944-7 ▪ M. Rausand, et. al., Wiley 2nd ed, 2004, ISBN 0-471-47133-X ▪ E. Henny, et. al., Reliability Engineering and Risk assessment, IEEE Press 1991, 				
Medienformen	Beamer (Vorlesungspräsentation), Tafel (Herleitungen, Erläuterungen), Papier (Übungen), Experimente (Praktikum).				
Angestrebte Lernergebnisse	<p>Der/die Studierende kann</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ unterschiedliche Rechnerarchitekturen mathematisch modellieren. ▪ gegebene Architekturmodelle analysieren und berechnen. ▪ die komplexen Zusammenspiele elektronischer Systeme in sicherheitskritischem Umfeld erfassen und elektronische Sicherheitssysteme beurteilen. 				