



# **Modulhandbuch für den Masterstudiengang Photonik**

Gültig für die besonderen Bestimmungen der Prüfungsordnung für den Masterstudiengang Photonik an der FH Münster vom 08. Mai 2013 unter Berücksichtigung der Änderungsordnungen vom 07. Mai 2018, 18. März 2019 und 21. Dezember 2020

# Inhaltsverzeichnis

1 Modularisierung .....	2
2 Curriculum .....	3
3 Pflichtmodule .....	4
3.1 Entwicklung optischer Systeme.....	5
3.2 Halbleitertechnologie und Entwicklung von MOEMS mit der FEM .....	7
3.3 Industrielle Bildverarbeitung .....	9
3.4 Kolloquium.....	10
3.5 Laserentwicklung.....	11
3.6 Lasermaterialbearbeitung.....	13
3.7 Lasermesstechnik .....	15
3.8 Laserphysik .....	16
3.9 Masterthesis .....	18
3.10 Optische Messtechnik .....	19
3.11 Theoretische Optik .....	21
3.12 Wellen- und Quantenoptik.....	23
4 Wahlpflichtmodule .....	25
4.1 Incoherent Light Sources .....	26
4.2 Microscopy / Surface Science .....	28
4.3 Nanotechnology .....	30
4.4 Optical Communications .....	32
4.5 Optische Funktionsmaterialien .....	34
4.6 Photovoltaik.....	35
4.7 Quantum Statistical Physics.....	36

## 1 Modularisierung

Das Studium ist modularisiert aufgebaut. Ein Modul umfasst dabei oftmals ein Fach, gelegentlich auch zwei inhaltlich eng verbundene Fächer. In allen Fällen umfasst ein Modul mehr als eine Lehrveranstaltung. Die Leistungen der Studierenden werden „modulweise“ abgeprüft, d. h. eine Prüfung erstreckt sich über alle Lehrveranstaltungen eines Moduls. Eine Ausnahme hiervon bildet das Modul Mathematik, das in zwei Teilprüfungen abgeprüft wird.

Die Module sind unterteilt in Pflicht- und Wahlpflichtmodule, sowie die Masterthesis und das Kolloquium.

### **Pflichtmodule**

<b>Modul</b>	<b>Sprache D = Deutsch E = Englisch</b>	<b>Semester WS = Winter SS = Sommer</b>	<b>Dauer in Semestern</b>
Entwicklung optischer Systeme	D	SS	1
Halbleitertechnologie und Entwicklung von MO-EMS mit der FEM	D	WS	2
Industrielle Bildverarbeitung	D	WS	1
Kolloquium	D / E	SS	-
Laserentwicklung	D	WS	1
Lasermaterialbearbeitung	D	WS	1
Lasermesstechnik	D	SS	1
Laserphysik	D	WS	1
Masterthesis	D / E	SS	1
Optische Messtechnik	D	WS	1
Theoretische Optik	D	WS	1
Wellen- und Quantenoptik	D	SS	2

### **Wahlpflichtmodule**

Aus dem Katalog der Wahlpflichtmodule müssen drei Module absolviert werden.

<b>Modul</b>	<b>Sprache D = Deutsch E = Englisch</b>	<b>Semester WS = Winter SS = Sommer</b>	<b>Dauer in Semestern</b>
Incoherent Light Sources	E	WS	1
Mikroskopische Verfahren und Oberflächenanalytik	D	SoSe	1
Nanotechnology	E	WS	1
Optical Communications	E	WS	1
Optische Funktionsmaterialien	D	WS	1
Photovoltaik	D	SoSe	1
Quantum Statistical Physics	E	WS	1

2 Curriculum

Studienverlaufsplan:

Masterstudiengang Photonik

Abkürzungen

WS = Wintersemester  
 SoSe = Sommersemester  
 SWS = Semesterwochenstunde  
 LP = Leistungspunkte

V = Vorlesung  
 SU = Seminaristischer Unterricht  
 Ü = Übung  
 P = Praktikum

PE = Prüfungsleistung  
 MP = Modulprüfung

Stand 29.07.2021	Sprache	1.Semester WS						2.Semester SoSe						3.Semester WS						4.Semester SoSe					
		SWS						SWS						SWS						SWS					
Form der Lehrveranstaltung	D=Deutsch	V	SU	Ü	P	LP	PE	V	SU	Ü	P	LP	PE	V	SU	Ü	P	LP	PE	V	Ü	P	LP	PE	
<b>Modul / Fach</b>		<b>Pflichtmodule</b>																							
Theoretische Optik	D	3		2		7	MP																		
Laserphysik	D/E*	2		1	2	7	MP																		
Halbleitertechnologie und Entwicklung von MOEMS mit der FEM	D	2		1		4		2			2	5	MP												
Wellen- und Quantenoptik	D							2		1	2	7		2		1		4	MP						
Entwicklung optischer Systeme	D							2			2	6	MP												
Laserentwicklung	D													2		1	2	7	MP						
Industrielle Bildverarbeitung	D		2		2	6	MP																		
Lasermesstechnik	D							2			2	6	MP												
Lasermaterialbearbeitung	D/E*													2		1	2	6	MP						
Optische Messtechnik	D													2		1	2	7	MP						
<b>Spaltensummen</b>		7	2	4	4	24		8	1	8	24		8	4	6	24					30				
<b>Summe SWS</b>		17						17						18											
		<b>Wahlpflichtmodule</b>																							
Wahlpflichtmodule						6	MP					6	MP					6	MP					30	
<b>Summe LP aus Pflicht- und Wahlpflichtmodulen</b>		30						30						30											

Summe CP: 120

Katalog der Wahlpflichtmodule	Sprache	WS						SoSe					
		SWS						SWS					
		V	SU	Ü	P	LP	PE	V	SU	Ü	P	LP	PE
Funktionsmaterialien	D	3		2		6	MP						
Optical Communications	E	2		1	1	6	MP						
Microscopy and Surface Analysis	E							3			2	6	MP
Chemical Nanotechnology	E	2	1			6	MP						
Quantum Statistical Physics	E							3		2		6	MP
Photovoltaische Systeme	D							2		1	1	6	MP
Incoherent Light Sources	E							3	1	1		6	MP
Freies Wahlpflichtmodul**	D						MP						

\* Die Lehrenden legen nach anonymer Abstimmung durch die Studierenden die Lehrsprache fest.

\*\* Freies deutschsprachiges Wahlpflichtmodul aus dem Masterstudienangebot der FH Münster auf Antrag und in Abstimmung mit dem Studiengangverantwortlichen

### **3 Pflichtmodule**

Auf den folgenden Seiten sind die Beschreibungen der Pflichtmodule in alphabetischer Reihe aufgeführt.

## 3.1 Entwicklung optischer Systeme

Modulbezeichnung		Entwicklung optischer Systeme			
Modulturnus		2. Semester	Sommer		
Dauer des Moduls		1 Semester			
Modulbeauftragte/r		Prof. Dr. J. Nellessen			
Hauptamtlich Lehrende/r		Prof. Dr. J. Nellessen			
Language		Deutsch			
Verwendbarkeit des Moduls		Masterstudiengang Photonik		Pflichtmodul	
W O R K  L O A D	Kontaktzeit	Lehrformen	SWS	Std. pro Semester	Summe Kontaktzeit
		Vorlesung	2	30 h	60 h
		Praktikum	2	30 h	
	Selbststudium	Form		Std. pro Semester	Summe Selbststudium
		Vorlesung		60 h	120 h
		Praktikum		60 h	
Work Load gesamt				180 h	
Leistungspunkte		6			
Lernziele		<p>Die Studierenden sollen die theoretischen Grundlagen der Berechnung optischer Systeme kennenlernen, sowie praktische Fähigkeiten im computergestützten „Optik-Design“ entwickeln.</p> <p>Sie sollen in die Lage versetzt werden, die Spezifikation optischer Systeme zu verstehen, Systeme nach Spezifikation auszulegen (paraxialer Ansatz), sowie die Korrektur und Optimierung optischer Systeme vorzunehmen.</p> <p>Durch die Verwendung vorwiegend englischsprachiger Literatur werden auch ausserfachliche Qualifikationen gefordert und verbessert.</p>			
Inhalte		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Grundlagen der Optikrechnung (aus der technischen Optik) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optische Abbildung</li> <li>• Pupillen und Luken</li> <li>• Verflochtene Abbildung</li> <li>• Öffnung und Feldwinkel</li> <li>• Beugungs-Begrenzung</li> </ul> </li> <li>2. paraxiales Layout optischer Systeme <ul style="list-style-type: none"> <li>• paraxiale Strahldurchrechnung (y<sub>nu</sub>-Methode)</li> <li>• Rand- und Hauptstrahl</li> <li>• paraxiale Invariante</li> <li>• Berechnung der paraxialen Daten von Systemen</li> </ul> </li> <li>3. Analyse und Optimierung optischer Systeme <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geometrisch-optische Methoden (Quer- und Längsaberrationen, Spot-Diagramme)</li> <li>• Physikalisch-optische Methoden (Punktbildfunktion, MTF)</li> <li>• Optimierung</li> </ul> </li> </ol>			

Inhalte	<p>4. Theorie der Bildfehler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Monochromatische Aberrationen 3. Ordnung</li> <li>• Farbfehler (1. Ordnung)</li> <li>• Design-Grundsätze</li> </ul> <p>5. Beispiele optischer Systeme</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Photo-Objektive</li> <li>• Okulare</li> <li>• Nicht-rotationssymmetrische Systeme</li> </ul> <p>6. Optik Gauss'scher Moden</p> <p>Im zugehörigen rechnergestützten Praktikum werden die behandelten Einsichten und Methoden vertieft und praktische Fähigkeiten in der Entwicklung optischer Systeme vermittelt. Neben der Benutzung von Excel (für paraxiales Layout) wird Es wird hauptsächlich die DesignSoftware OSLO verwendet, in die eine Einführung gegeben wird.</p>
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul	Die Veranstaltung setzt Kenntnisse in Physik (I-III) und in technischer Optik voraus.
Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten	Bestehen der Prüfung
Prüfungsform und -umfang	Schriftliche Ausarbeitung einer gestellten Design-Aufgabe und mündliche „Verteidigung“ derselben.
Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung	Regelmäßige Teilnahme am Praktikum

## 3.2 Halbleitertechnologie und Entwicklung von MOEMS mit der FEM

Modulbezeichnung		Halbleitertechnologie und Entwicklung von MOEMS (Micro-Opto-Electro-Mechanical-Systems) mit der FEM (Fenite Elemente Methode)			
Modulturnus		1. u. 2. Semester	Winter		
Dauer des Moduls		2 Semester			
Modulbeauftragte/r		Prof. Dr. J. Chlebek			
Hauptamtlich Lehrende/r		Prof. Dr. J. Chlebek			
Sprache		Deutsch			
Verwendbarkeit des Moduls		Master of Science Photonik		Pflichtmodul	
W O R K	Kontaktzeit	Lehrformen	SWS	Std. pro Semester	Summe Kontaktzeit
		Vorlesung (2+2)	4	30 + 30 h	105 h
		Übung (1+0)	1	15 + 0 h	
		Praktikum (0+2)	2	0 + 30 h	
L O A D	Selbststudium	Form		Std. pro Semester	Summe Selbststudium
		Vorlesung		45 + 45h	165 h
		Übung		30 + 0 h	
		Praktikum		0 + 45 h	
Work Load gesamt					270 h
Leistungspunkte		9			
Lernziele		<p>Die Studierenden werden in die Lage versetzt, bestehende und neu zu entwickelnde Mikro-Opto-Elektro-Mechanische-Systeme anhand der technologischen Basis und des verwendeten physikalischen Aktor- oder Sensorprinzips einzuordnen und hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit für optische Aufgabenstellungen zu beurteilen.</p> <p>Die Studierenden vertiefen durch fremdsprachige Literaturstudien und Zusammenfassung der Literatur in Kurzvorträgen die Fähigkeiten zum selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten.</p>			
Inhalte		<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Einführung in die Dünnschichttechnik</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Siliziumherstellung und -bearbeitung</li> <li>- Schichtherstellung (Sputtern, LPCVD-Verfahren)</li> <li>- Schichtstrukturierung (UV-Lithographie, Ätzprozesse)</li> <li>- Galvanotechnik, Bulkmikromechanik, Grautonlithographie</li> </ul> </li> <li>- Physikalische Basis von Mikroaktoren und mikrooptischen Komponenten <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elektrostatische, elektromagnetische Aktoren</li> <li>- Piezoelektrischer Effekt, Shaped Memory Effect, thermomechanische Aktoren</li> </ul> </li> <li>- Beispiele für MOEMS <ul style="list-style-type: none"> <li>- adaptive Spiegel, Digital Mirror Devices, Blase Gitter, Mikrolinsen, thermooptische Schalter</li> </ul> </li> </ul>			



	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Einführung in die FE-Methode</u></li> <li>- Ritzsches Prinzip</li> <li>- Grundlegende Struktur der Berechnung statischer mechanischer Fragestellungen</li> <li>- Transiente und Frequenzganganalysen</li> <li>- Nichtlineare Berechnungen</li> <li>- Übertragung des Verfahrens auf thermische, elektrische und magnetische Aufgabenstellungen</li> <li>- Gekoppelte Berechnungen</li> <li>- MOEMS als Beispiele für gekoppelte Analysen</li> </ul>
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul	Inhaltlich baut die Veranstaltung auf den Veranstaltungen „Physik I-III“, der Werkstofftechnik, der Konstruktionstechnik und der Elektrotechnik auf.
Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten	Bestehen der Prüfung
Prüfungsform und -umfang	Mündliche Prüfung (ca. 30-45 Minuten) oder Klausur (120 Minuten)
Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung	Anerkennung der Ausarbeitungen zum Praktikum

## 3.3 Industrielle Bildverarbeitung

Modulbezeichnung		Industrielle Bildverarbeitung			
Modulturnus		1. Semester	Winter		
Dauer des Moduls		1 Semester			
Modulbeauftragte/r		Prof. Dr. Thomas Rose			
Hauptamtlich Lehrende/r		Prof. Dr. Thomas Rose			
Sprache		Deutsch			
Verwendbarkeit des Moduls		Master of Science Photonik		Wahlpflichtmodul	
W O R K  L O A D	Kontaktzeit	Lehrformen	SWS	Std. pro Semester	Summe Kontaktzeit
		Seminaristischer Unterricht	2	30 h	60 h
		Praktikum	2	30 h	
	Selbststudium	Form		Std. pro Semester	Summe Selbststudium
		Selbststudium		120 h	120 h
	Work Load gesamt				180 h
Leistungspunkte		6			
Lernziele		Die Studierenden verstehen die Grundlagen der industriellen Bildverarbeitung und werden so in die Lage versetzt, für Fragestellungen der industriellen Prüftechnik geeignete Bildverarbeitungs-systeme zu entwerfen, aufzubauen und anzuwenden. In einem eigenständig zu planenden Projekt können sie die Grundlagen der Bildverarbeitung mit weiteren Kenntnissen aus anderen Modulen kombinieren und auf ein konkretes Problem anwenden			
Inhalte		Seminaristischer Unterricht <ul style="list-style-type: none"> <li>– Einführung: industrielle Anwendungen von Bildverarbeitung</li> <li>– zweidimensionale Bildverarbeitung: typischer Aufbau eines Systems, Optik für Beleuchtung und Kamera, Bildvorverarbeitung, Bildbearbeitung, Merkmalsextraktion, Klassifizierung</li> <li>– dreidimensionale Bildverarbeitung: typische Aufbauten und Verfahren</li> </ul> Praktikum <ul style="list-style-type: none"> <li>– Projektpraktikum zu Grundlagen und Anwendungen der industriellen Bildverarbeitung</li> </ul>			
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul		Die Veranstaltungen bauen auf den Veranstaltungen Mathematik I und II, Physik I und II, Elektrotechnik, Analog- und Digitaltechnik und Sensortechnik des Bachelor-Studiengangs Physikalische Technik auf.			
Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten		Anerkennung der Ausarbeitung zum Praktikum Bestehen der Prüfung			
Prüfungsform und -umfang		Klausur oder mündliche Prüfung oder Belegarbeit oder Präsentation			
Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung		Anerkennung der Ausarbeitung zum Praktikum			

## 3.4 Kolloquium

Modulbezeichnung		Kolloquium			
Modulturnus		4. Semester	Sommer		
Dauer des Moduls		n/a			
Modulbeauftragte/r		Alle Professoren des Fachbereichs Physikalische Technik			
Hauptamtlich Lehrende/r		n/a			
Sprache		Deutsch oder Englisch			
Verwendbarkeit des Moduls		Master of Science Photonik		Pflichtmodul	
W O R K  L O A D	Kontaktzeit	Lehrformen	SWS	Std. pro Semester	Summe Kontaktzeit
		Vorlesung			
		Übung			
	Selbststudium	Form		Std. pro Semester	Summe Selbststudium
		Selbststudium		150 h	150 h
		Work Load gesamt			150 h
Leistungspunkte		5			
Lernziele		Die Studierenden sind in der Lage ein komplexes Forschungsprojekt in einer vorgegebenen Zeit strukturiert zu präsentieren und eine wissenschaftliche Diskussion zu führen.			
Inhalte		Das Thema der Masterthesis, sowie verwandte Themen.			
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul		Anerkennung der schriftlichen Masterthesis			
Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten		Bestehen der Prüfung			
Prüfungsform und -umfang		Mündliche Prüfung			
Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung		Anerkennung der schriftlichen Masterthesis			

## 3.5 Laserentwicklung

Modulbezeichnung		Laserentwicklung			
Modulturnus		3. Semester	Winter		
Dauer des Moduls		1 Semester			
Modulbeauftragte/r		Prof. Dr. Ulrich Wittrock			
Hauptamtlich Lehrende/r		Prof. Dr. Ulrich Wittrock			
Sprache		Deutsch			
Verwendbarkeit des Moduls		Master of Science Photonik		Pflichtmodule	
W O R K	Kontaktzeit	Lehrformen	SWS	Std. pro Semester	Summe Kontaktzeit
		Vorlesung	2	30 h	75 h
		Übung	1	15 h	
		Praktikum (Projekt)	2	30 h	
L O A D	Selbststudium	Form		Std. pro Semester	Summe Selbststudium
		Vorlesung		55 h	135 h
		Übung		40 h	
		Praktikum (Projekt)		40 h	
Work Load gesamt					210 h
Leistungspunkte		7			
Lernziele		Die Studierenden sollen die technischen Konzepte verschiedener Laser (insbes. Festkörperlaser und Halbleiterlaser) kennen und in der Lage sein, selber Festkörperlaser für vorgegebene Anwendungen zu entwickeln. Überfachliche Qualifikationsziele wie Teamfähigkeit und Projektmanagement werden durch die Gestaltung des Praktikums als Projektpraktikum für 2er-Teams mit großer Eigenverantwortung der Studierenden erreicht.			
Inhalte		Die verschiedenen Konzepte für Festkörperlaser mit Ausgangsleistungen von wenigen mW bis vielen kW im Dauerstrichbetrieb und im gepulsten Betrieb werden detailliert behandelt. Insbesondere wird es um longitudinale und transversale Anregung, thermo-optische Effekte der Anregungs- und Kühlgeometrie, Auswirkung von Aberrationen, angepasste Laserresonatoren und die nichtlineare Frequenzvervielfachung gehen. Neben der Modellierung wird die experimentelle Vermessung der Lasereigenschaften weiten Raum einnehmen und im Praktikum von den Studierenden geübt werden. Das Praktikum soll als Projektpraktikum durchgeführt werden, so dass gleichzeitig in die industrielle Arbeitsweise der Laserentwicklung eingeführt wird.			
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul		Inhaltlich baut die Veranstaltung auf der „Laserphysik“, der „Wellenoptik“ und Teilen der „Quantenoptik“ auf.			
Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten		Bestehen der Prüfung			
Prüfungsform und -umfang		Mündliche Prüfung (45 Minuten) oder Klausur (120 Minuten)			

Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung	Anerkennung der Ausarbeitung zum Praktikum
---	--

## 3.6 Lasermaterialbearbeitung

Modulbezeichnung		Lasermaterialbearbeitung				
Modulturnus		3. Semester	Winter			
Dauer des Moduls		1 semester				
Modulbeauftragte/r		Prof. Dr. Evgeny Gurevich				
Hauptamtlich Lehrende/r		Prof. Dr. Evgeny Gurevich				
Sprache		Deutsch				
Verwendbarkeit des Moduls		Master of Science Photonik		Wahlpflichtmodul		
W O R K  L O A D	Kontaktzeit	Lehrformen	SWS	Std. pro Semester	Summe Kontaktzeit	
		Vorlesung	2	30 h	60 h	
		Praktikum	2	30 h		
	Selbststudium	Form			Std. pro Semester	Summe Selbststudium
		Selbststudium			60 h	120 h
		Vor- und Nachbereitung			30 h	
		Literaturstudium			30 h	
	Work Load gesamt				180 h	
	Leistungspunkte		6			
	Lernziele		Die Studierenden sollen mit den theoretischen und praktischen Erkenntnissen dieser Vorlesung in der Lage sein, neue Verfahren der Lasermaterialbearbeitung zu entwickeln, optimieren und qualifizieren. Sie sollen auch den theoretischen Hintergrund der Strahl-/Materie-Wechselwirkung tiefer gehend verstehen und beschreiben können, um über eine fundierte Basis zur wissenschaftlichen Arbeit (bspw. Promotion) zu verfügen. Durch die Versuche im Praktikum können die Studierenden wissenschaftliche Problemstellungen lösen.			
Inhalte		Einleitend werden die in der Lasermaterialbearbeitung verwendeten Strahlquellen (Nd:YAG, Excimer, CO <sub>2</sub> , Hochleistungs-Dioden-Laser) mit ihren charakteristischen Eigenschaften für diese Anwendung präsentiert. In den Vorlesungseinheiten werden auch ständig Neuentwicklungen mit Zukunftspotential integriert, wie bspw. derzeitige Scheiben- und Faserlaser. Für die Materialbearbeitung relevante Strahlparameter (Strahlqualität, Moden, Leistung, Pulsdauer und -frequenz, Polarisation) werden vorgestellt; ebenfalls dazugehörige Messverfahren. Daran angeschlossen werden die Strahlführung (inkl. LWL) und -formung. Die Strahlformung bei Hochleistungs-Diodenstacks mit Hinblick auf kleinstmögliche Bündelung wird besonders behandelt. Die Wechselwirkung von Strahlung mit Materie wird phänomenologisch und anschließend auch atomistisch betrachtet. Anlagenkonzepte für die industrielle Praxis werden vorgestellt. Die Bearbeitungsverfahren Schneiden, Bohren, Beschriften, Schweißen und Härten werden detailliert behandelt. Die Lasermikrobearbeitung ist ein eigenständiges Kapitel. In einer Vorlesungseinheit sollen aus aktuellen F&E-Arbeiten des Laserlabors Ergebnisse präsentiert werden. Im begleitenden Praktikum werden alle o.g. Bearbeitungsverfahren an Hochleistungs-Laseranlagen mit industriellem Standard durchgeführt. Der Bearbeitungsprozess an den Anlagen wird unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten bspw. auch mittels LIP-Spektroskopie, Online-Monitoring analysiert. Für die Qualitätsbeurteilung werden auch REM und EDX eingesetzt				

Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul	Inhaltlich baut die Vorlesung auf Werkstofftechnik, Grundlagen der Lasertechnik, Laserphysik, Technische Optik I/II auf. Für die Durchführung des Praktikums ist die Teilnahme an der Lasersicherheitseinweisung erforderlich
Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten	Bestehen der Prüfung
Prüfungsform und -umfang	Klausur oder mündliche Prüfung
Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung	Anerkennung des Praktikums (d.h. erfolgreiches Kolloquium / Antestat in kleinen Gruppen vor Beginn jedes Versuchs, Durchführung der Versuche incl. konkreter Aufgabenstellungen, erfolgreiches Abtestat)

## 3.7 Lasermesstechnik

Modulbezeichnung		Lasermesstechnik				
Modulturnus		2. Semester	Sommer			
Dauer des Moduls		1 Semester				
Modulbeauftragte/r		Prof. Dr. Evgeny Gurevich				
Hauptamtlich Lehrende/r		Prof. Dr. Evgeny Gurevich				
Sprache		Deutsch				
Verwendbarkeit des Moduls		Master of Science Photonik		Pflichtmodul		
W O R K  L O A D	Kontaktzeit	Lehrformen	SWS	Std. pro Semester	Summe Kontaktzeit	
		Vorlesung	2	30 h	60 h	
		Praktikum	2	30 h		
	Selbststudium	Form			Std. pro Semester	Summe Selbststudium
		Selbststudium			60 h	120 h
		Vor- und Nachbereitung			30 h	
		Literaturstudium			30 h	
	Work Load gesamt					180 h
	Leistungspunkte		6			
	Lernziele		Mit den Erkenntnissen dieser Vorlesung sollen die Studierenden in der Lage sein, den Laser für technische und wissenschaftliche Anwendungen in der Messtechnik einzusetzen. Sie sollen aber auch Kenntnisse erwerben, mit denen sie wissenschaftliche Problemstellungen (bspw. im Rahmen einer Promotion) eigenständig bearbeiten können.			
Inhalte		<p>Schwerpunktmäßig werden ausgehend vom Weißlichtinterferometer kohärente Lasermessverfahren grundlegend betrachtet. Hierzu gehört vor allem das technische Laserlängeninterferometer (mit seinen Varianten zur Winkel- und Ebenheitsmessung), aber auch andere Interferometertypen. Weiterhin werden Erkenntnisse anderer kohärenter Verfahren vermittelt, wie Holographische Interferometrie (inkl. Phase-Shift-Auswertung) Speckle, Doppleranemometer, Gyroskop und Lambdameter.</p> <p>In einem 2. Vorlesungsteil zu nicht-kohärenten Verfahren geht es vor allem um die Spektroskopie (Fluoreszenz, Emission, Raman, LIDAR, LIPS), aber auch um andere hochauflösende Messverfahren wie bspw. Konfokales-Laser-Scanning-Mikroskop, Shack-Hartmann-Verfahren zur Wellenfront-messung bis hin zur Laserstrahl-Diagnose. Die theoretischen Kenntnisse der Vorlesung werden in Praktikumsversuchen vertieft.</p>				
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul		<p>Inhaltlich baut die Vorlesung auf Grundlagen der Lasertechnik, Laserphysik, Technische Optik I/II auf.</p> <p>Für die Durchführung des Praktikums ist die Teilnahme an der Lasersicherheitseinweisung erforderlich.</p>				
Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten		Bestehen der Prüfung				
Prüfungsform und -umfang		Klausur oder mündliche Prüfung				
Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung		Anerkennung des Praktikums (d.h. erfolgreiches Kolloquium / Antestat in kleinen Gruppen vor Beginn jedes Versuchs, Durchführung der Versuche incl. konkreter Aufgabenstellungen, erfolgreiches Abtestat)				



## 3.8 Laserphysik

Modulbezeichnung		Laserphysik			
Modulturnus		1. Semester	Winter		
Dauer des Moduls		1 Semester			
Modulbeauftragte/r		Prof. Dr. Evgeny Gurevich			
Hauptamtlich Lehrende/r		Prof. Dr. Evgeny Gurevich			
Sprache		Deutsch			
Verwendbarkeit des Moduls		Master of Science Photonik		Pflichtmodul	
W O R K	Kontaktzeit	Lehrformen	SWS	Std. pro Semester	Summe Kontaktzeit
		Vorlesung	2	30 h	75 h
		Übung	1	15 h	
		Praktikum	2	30 h	
L O A D	Selbststudium	Form		Std. pro Semester	Summe Selbststudium
		Selbststudium		60 h	135 h
		Vor- und Nachbereitung		45 h	
		Literaturstudium		30 h	
	Work Load gesamt				210 h
Leistungspunkte		7			
Lernziele		Die Studierenden sollen die theoretischen Grundlagen der Lasertechnik beherrschen und diese auf die folgenden Vorlesungen, Laser-Entwicklung, Laser-Messtechnik, Optische Nachrichtentechnik und Lasermaterialbearbeitung anwenden zu können. Es soll auch das Ziel sein, Erkenntnisse zu vermitteln, mit denen der Studierende selbständig wissenschaftliche Arbeiten (z.B. Promotion) auf dem Gebiet der Laserphysik durchführen kann.			
Inhalte		Ausgehend von notwendigen Grundlagen des Laserprinzips (Verstärkung, Resonator, Anregung) wird der Laserprozess mit den Ratengleichungen behandelt. Stationäre und dynamische Fälle für Lösungen der Gleichungen werden untersucht. Die Gaußstrahltheorie zur Strahlpropagation innerhalb und außerhalb des Resonators wird erläutert. Die Entstehung von longitudinalen und transversalen Moden wird dargestellt, Maßnahmen zu deren Beeinflussung sowie praktische Konsequenzen vorgestellt. Ursachen der Linienverbreiterung und Möglichkeiten zu deren Reduzierung (bspw. 2-Moden-Regelkreis) werden vorgestellt. Grundlagen zur Frequenzvervielfachung in nichtlinearen Kristallen und weitere nichtlineare optische Effekte (bspw. OPO, sättigbare Absorption) werden vermittelt. Zu den Lehrinhalten zählt auch die Erzeugung kurzer Pulse (Q-switch, Moden-Kopplung). Spezielle Lasersysteme für die Praxis werden detailliert erläutert. Ein Schwerpunkt nimmt die moderne Anregung mit Laser-Dioden ein. Es wird auch auf zukünftige Laserkonzepte eingegangen, wie bspw. Röntgenlaser, free-electron-laser. Im Praktikum werden an modernen Experimentier-Lasersystemen die theoretischen Erkenntnisse der Vorlesung vertieft. Kompl. funktionsfähige Laser (< 1W) werden aus Modulen aufgebaut und Messungen der Strahleigenschaften werden durchgeführt. Im Praktikum werden auch nichtlineare Laserprozesse (Frequenzverdopplung, sättigbarer Absorber)			

	experimentell untersucht.
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul	Inhaltlich baut diese Lehrveranstaltung auf Grundlagen der Lasertechnik und Technische Optik I/II auf. Für die Durchführung des Praktikums ist die Teilnahme an der Lasersicherheitseinweisung erforderlich
Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten	Bestehen der Prüfung
Prüfungsform und -umfang	Klausur oder mündliche Prüfung
Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung	Anerkennung des Praktikums (d.h. erfolgreiches Kolloquium / Antestat in kleinen Gruppen vor Beginn jedes Versuchs, Durchführung der Versuche incl. konkreter Aufgabenstellungen, erfolgreiches Abtestat)

## 3.9 Masterthesis

Modulbezeichnung		Masterthesis			
Modulturnus		4. Semester	Sommer		
Dauer des Moduls		1 Semester			
Modulbeauftragte/r		Alle Professoren des Fachbereichs Physikalische Technik			
Hauptamtlich Lehrende/r		n/a			
Sprache		Deutsch oder Englisch			
Verwendbarkeit des Moduls		Master of Science Photonik		Pflichtmodul	
W O R K	Kontaktzeit	Lehrformen	SWS	Std. pro Semester	Summe Kontaktzeit
		Vorlesung	0	0	
		Übung	0	0	
		Praktikum	0	0	
L O A D	Selbststudium	Form		Std. pro Semester	Summe Selbststudium
		Selbststudium		650 h	750 h
		Literaturstudium		100 h	
Work Load gesamt					750 h
Leistungspunkte		25			
Lernziele		Die Studierenden sind in der Lage, innerhalb einer vorgegebenen Frist eine theoretische oder praxisorientierte Aufgabenstellung aus ihrem Fachgebiet sowohl in ihren fachlichen Einzelheiten als auch in den fachübergreifenden Zusammenhängen nach fachpraktischen und wissenschaftlichen Methoden eigenständig zu bearbeiten.			
Inhalte		Das Projekt sollte ein anwendungsorientiertes Forschungsthema aus dem Bereich Photonik sein.			
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul		Siehe "Besondere Bestimmungen der Prüfungsordnung für den Masterstudienangang Photonik".			
Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten		Fristgerechte Einreichung der schriftlichen Ausarbeitung und deren Bewertung mit einer Note von mindestens 4,0			
Prüfungsform und -umfang		n/a			
Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung		n/a			

## 3.10 Optische Messtechnik

Modulbezeichnung		Optische Messtechnik			
Modulturnus		3. Semester	Winter		
Dauer des Moduls		1 semester			
Modulbeauftragte/r		Prof. Dr. J. Nellessen			
Hauptamtlich Lehrende/r		Prof. Dr. J. Nellessen			
Language		Deutsch			
Verwendbarkeit des Moduls		Master of Science Photonik Master Wirtschaftsingenieurwesen Physikalische Technologien		Pflichtmodul Wahlpflichtmodul	
W O R K	Kontaktzeit	Lehrformen	SWS	Std. pro Semester	Summe Kontaktzeit
		Vorlesung	2	30 h	75 h
		Übung	1	15 h	
		Praktikum	2	30 h	
L O A D	Selbststudium	Form		Std. pro Semester	Summe Selbststudium
		Vorlesung		45 h	135 h
		Übung		30 h	
		Praktikum		60 h	
Work Load gesamt					210 h
Leistungspunkte		7			
Lernziele		<p>Die Studierenden sollen mit einer großen Bandbreite an optischen Messverfahren vertraut sein. Die Verfahren sollen sowohl hinsichtlich ihres theoretischen Hintergrundes, als auch in ihrer praktischen Anwendung beherrscht werden so dass sie die Messung unterschiedlicher physikalischer Größen sowie auf die Messung der Grundgrößen optischer Systeme angewendet werden können.</p> <p>Insbesondere die Prüfung optischer Bauelemente und abbildender Systeme soll in ihren Methoden und Geräten beherrscht werden.</p>			
Inhalte		<p>1. optische Messverfahren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der technischen Optik</li> <li>• Detektoren optischer Strahlung</li> <li>• Messokulare (Auge als Detektor)</li> <li>• Mikroskopisches Messen</li> <li>• Einsatz von Fernrohren und Entfernungsmessern</li> <li>• Optische Vermessung geometrischer Eigenschaften (Abstand, Profil, Strukturbreiten, 3D-Form)</li> <li>• Interferometrische Messtechnik, insbesondere flächenhafte Vermessung z.B. von Wellenfronten mit phase-shift-Interferometern, daraus Ableitung optischer Grundgrößen von Bauelementen und Systemen</li> <li>• Wellenfront-Detektion mit unterschiedlichen Verfahren (PDI-Interferometer, SHS-Sensor, Foucault- und Ronchi-Tests, ...)</li> <li>• Charakterisierung des Polarisationszustandes</li> </ul>			

	<p>2. Prüfung optischer Bauelemente und abbildender Systeme</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Messung optischer Grundgrößen (Brechzahl, Dispersion, Brechkraft, Brennweite, Radien, Oberflächenform, Zentrierung)</li> <li>• Vermessung der Abbildungsfehler</li> <li>• Punktbildfunktion und Strehl-Verhältnis</li> <li>• Wellenfront</li> <li>• Abbildungsqualität und Auflösung,</li> <li>• Kontrastübertragungsfunktion MTF</li> </ul>
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse in Physik</li> <li>• Bestandene Prüfung im Modul „Technischer Optik“</li> </ul>
Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten	Bestehen der Prüfung
Prüfungsform und -umfang	Klausur oder mündliche Prüfung
Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regelmäßige Teilnahme am Praktikum</li> <li>- Anerkennung der Ausarbeitungen zum Praktikum.</li> </ul>

## 3.11 Theoretische Optik

Modulbezeichnung		Theoretische Optik				
Modulturnus		1. Semester	Wintersemester			
Dauer des Moduls		1 Semester				
Modulbeauftragte/r		Prof. Dr. habil. Klaus Morawetz				
Hauptamtlich Lehrende/r		Prof. Dr. habil. Klaus Morawetz				
Sprache		Deutsch				
Verwendbarkeit des Moduls		Master of Science Photonik		Pflichtmodul		
W O R K L O A D	Kontaktzeit	Lehrformen		SWS	Std. pro Semester	Summe Kontaktzeit
		Vorlesung		3	45 h	75 h
		Übung		2	30 h	
	Selbststudium	Form			Std. pro Semester	Summe Selbststudium
		Selbststudium			135 h	135 h
	Work Load gesamt					210 h
Leistungspunkte		7				
Lernziele		Die Beherrschung von einschlägigen Methoden der theoretischen Physik soll die Studierenden befähigen, optische Phänomene und Fragestellungen mathematisch zu formulieren und numerische Lösungen zu erarbeiten. Neben dem Mitschreiben der Vorlesung wird das Selbststudium gefördert, wobei der Umgang mit Fachliteratur neben Lehrbüchern als Erweiterung und weiterführende Fähigkeit erlernt werden soll. Das Ziel ist, neu auftretende Problem sicher in Spezialgebiete einsortieren und passende Lösungswege in der Literatur auffinden zu können.				
Inhalte		Strahlungsgesetze, Maxwellsche Gleichungen, elektromagnetische Wellen, Interferenz und Beugung (Frauenhofer, Fresnel), Einführung in die Quantentheorie, Quantisierung des elektromagnetischen Feldes, kohärente Zustände, Einmoden-Quantenoptik, gequetschte (squeezed) Zustände, Quanteninformation, verschränkte Zustände. Beispielhafter Einsatz von Computeralgebra (Mathematica) zur Erarbeitung numerischer Lösungen.				
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul		Formal keine, inhaltlich setzt das Modul eine mathematische Grundausbildung entsprechend eines naturwissenschaftlichen oder ingenieurwissenschaftlichen Studienganges voraus, d.h. Matrizenkalkül, Fouriertransformation, Differentialoperationen bei Vektorfeldern, Volumen- und Oberflächenintegrale, Integralsätze; Einführung in partielle Differentialgleichungen				
Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten		Bestehen der Prüfung				
Prüfungsform und -umfang		Klausur, mündliche Prüfung oder Fachvortrag				
Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung		keine				

Sonstige Informati-  
onen

<http://www.pks.mpg.de/~morawetz/>

## 3.12 Wellen- und Quantenoptik

Modulbezeichnung		Wave and Quantum Optics			
Modulturnus		2. und 3. Semester	Sommer		
Dauer des Moduls		2 Semester			
Modulbeauftragte/r		Prof. Dr. Ulrich Wittrock			
Hauptamtlich Lehrende/r		Prof. Dr. Ulrich Wittrock			
Language		Deutsch			
Verwendbarkeit des Moduls		Master or Science Photonik		Pflichtmodul	
W O R K	Kontaktzeit	Lehrformen	SWS	Std. pro Semester	Summe Kontaktzeit
		Vorlesung (2+2)	4	30 + 30 h	120 h
		Übung (1+1)	2	15 + 15 h	
		Praktikum (2+0)	2	30 + 0 h	
L O A D	Selbststudium	Form		Std. pro Semester	Summe Selbststudium
		Lecture		50 + 50 h	210 h
		Exercise		30 + 30 h	
		Laboratory Course		50 + 0 h	
Work Load gesamt					330 h
Leistungspunkte		11			
Lernziele		Die Studierenden sollen mit den wichtigsten Phänomenen und Verfahren der physikalischen Optik in Theorie und Praxis vertraut sein. Die Anwendungen dieser Phänomene werden in komplementären Veranstaltungen behandelt, z. B. Lasermesstechnik, optische Messtechnik, opt. Nachrichtentechnik, Laser-Entwicklung. Präsentationstechniken werden durch die Darstellung der Praktikumsergebnisse eingeübt.			
Inhalte		<p><u>Wellenoptik:</u> Vertiefte Behandlung der Phänomene, die vornehmlich aus den Welleneigenschaften von Licht resultieren, wie z. B. Beugung, Kohärenz, Streuung (Brillouin-, Rayleigh-, Mie-Streuung), Polarisation (Jones-Matrizen), Doppelbrechung, Fourier-Optik, Nahfeldmikroskopie, adaptive Optik.</p> <p><u>Quantenoptik:</u> Behandlung von Phänomenen, die im Teilchenbild des Lichts beschrieben werden, d. h. vorwiegend Nichtlineare Optik, z. B. Konsequenzen der nichtlinearen Suszeptibilität wie parametrische Verstärkung und Frequenzvervielfachung, statistische Eigenschaften von Licht (Quantenrauschen), verschränkte Photonen, Raman-Streuung, CARS.</p>			
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul		Inhaltlich baut die „Wellenoptik“ auf der „Theoretischen Optik“ auf, die „Quantenoptik“ auf der „Laserphysik“.			
Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten		Bestehen der Prüfung			
Prüfungsform und -umfang		Mündliche Prüfung (45 Minuten) oder Klausur (120 Minuten)			



Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung	Anerkennung der Ausarbeitungen zum Praktikum
---	--

#### **4 Wahlpflichtmodule**

Auf den folgenden Seiten sind die Beschreibungen der Wahlpflichtmodule in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt.

## 4.1 Incoherent Light Sources

Modulbezeichnung		Incoherent Light Sources				
Modulturnus		2. oder 4. Semester	Sommer			
Dauer des Moduls		1 Semester				
Modulbeauftragte/r		Prof. Dr. Thomas Jüstel				
Hauptamtlich Lehrende/r		Prof. Dr. Thomas Jüstel				
Sprache		Englisch				
Verwendbarkeit des Moduls		Master of Science in Chemical Engineering Master of Science Photonik		Wahlpflichtmodul Wahlpflichtmodul		
W O R K  L O A D	Kontaktzeit	Lehrformen		SWS	Std. pro Semester	Summe Kontaktzeit
		Vorlesungen		3	45 h	75 h
		Übungen		1	15 h	
		Seminar		1	15 h	
	Selbststudium	Form			Std. pro Semester	Summe Selbststudium
		Vor- und Nachbereitung von Vorlesung inkl. Übungen			45 h	105 h
		Präsentationserstellung			30 h	
		Prüfungsvorbereitung			30 h	
	Work Load gesamt					180 h
	Leistungspunkte		6			
Lernziele		Students get to know the physical concepts of lighting as well as their technical application in light sources and emissive displays. They will be able to select suitable light sources, optical materials and lighting concepts according to the specific requirements of a variety of technical application area.				
Inhalte		<ul style="list-style-type: none"> <li>- History of (electrical) light generation</li> <li>- Lighting terms and quantities</li> <li>- Thermal radiation sources</li> <li>- Low pressure discharge lamps</li> <li>- High pressure discharge lamps</li> <li>- Plasma display panels (gas discharge displays)</li> <li>- Inorganic and organic light emitting diodes (LEDs)</li> <li>- Luminescent materials for fluorescent lamps</li> <li>- EUV-, VUV- and UV-A/B/C light sources</li> <li>- Future employment of light in technology and every day life</li> </ul>				
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul		Fundamental physics (geometric optics, basics of quantum mechanics), general chemistry				
Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten		Passing of exam				

Prüfungsform und -umfang	Written (180 min) or oral (45 min) exam
Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung	Oral presentation during seminar

## 4.2 Microscopy / Surface Science

Modulbezeichnung		Microscopy / Surface Science			
Modulturnus		2. Semester	Sommer		
Dauer des Moduls		1 Semester			
Modulbeauftragte/r		Prof. Dr. Hans-Christoph Mertins			
Hauptamtlich Lehrende/r		Prof. Dr. Hans-Christoph Mertins			
Sprache		Englisch			
Verwendbarkeit des Moduls		Masterstudiengang Materials Science and Engineering Masterstudiengang Photonik Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Physikalische Technologien		Wahlpflichtmodul  Wahlpflichtmodul Wahlpflichtmodul	
W O R K  L O A D	Kontaktzeit	Lehrformen	SWS	Std. pro Semester	Summe Kontaktzeit
		Seminaristischer Unterricht	3	45 h	75 h
		Praktikum	2	30 h	
	Selbststudium	Form		Std. pro Semester	Summe Selbststudium
		Selbststudium		105 h	105 h
	Work Load gesamt				180 h
Leistungspunkte		6			
Lernziele		After the participation in the module "Microscopy and Surface Science" the participants can explain the different approaches and the procedures of microscopy, electron microscopy and surface analysis. Furthermore the students are able to carry out scanning electron microscopic procedures on their own by getting practical exercises at an electron microscope. This allows analysis to be performed in which the surface of the object is imaged with electrons and the material of a sample can be determined.			
Inhalte		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lichtmikroskopie / optical microscopy</li> <li>- Elektronenmikroskopie / Electron microscopy (REM, TEM)</li> <li>- Röntgenmikroanalyse / X-Ray micro analysis (EDX, WDX)</li> <li>- Rastersondenmikroskopie / Atomic Force microscopy (AFM, STM)</li> <li>- Verfahren der Oberflächenanalytik / Techniques of surface analysis (SIMPS, AES, XPS)</li> </ul>			
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul		Bachelor degree in physics, chemistry or related			
Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten		Passing lab course and passing the examination			
Prüfungsform und -umfang		Oral / written examination, seminar work equate 25% of grade			
Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung		Passing practical			

Sonstige Informationen	<ul style="list-style-type: none"><li>- Script</li><li>- J.I. Goldstein et al, Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis, Springer (2018)</li><li>- B. Fultz, J.M. Howe, Transmission Electron Microscopy and Diffraction of Materials, Springer</li><li>- J. Thomas, T. Gemming, Analytische Transmissions-Elektronenmikroskopie, Springer 2013</li></ul>
------------------------	---

## 4.3 Nanotechnology

Modulbezeichnung		Nanotechnology			
Modulturnus		1. oder 3. Semester	Winter		
Dauer des Moduls		1 Semester			
Modulbeauftragte/r		Prof. Dr. M. Bredol			
Hauptamtlich Lehrende/r		Prof. Dr. M. Bredol Prof. Dr. U. Kynast Prof. Dr. T. Jüstel			
Sprache		Englisch			
Verwendbarkeit des Moduls		Master of Science in Chemical Engineering Master of Science Photonik		Wahlpflichtmodul Wahlpflichtmodul	
W O R K  L O A D	Kontaktzeit	Lehrformen	SWS	Std. pro Semester	Summe Kontaktzeit
		Lectures	2	30 h	45 h
		Seminar	1	15 h	
	Selbststudium	Form		Std. pro Semester	Summe Selbststudium
		Selbststudium		135 h	135 h
	Work Load gesamt				180 h
Leistungspunkte		6			
Lernziele		Students are familiar with concepts and technologies exhibiting and using size-dependent properties. In most cases, the associated spatial dimensions will be on the nm-scale. They have a good knowledge about chemistry-driven control of phenomena and applications.			
Inhalte		<p>Introduction in nanotechnology: Definition, scientific and industrial fields of nanotechnology, disciplines involved, state of theoretical background</p> <p>Nanoparticles: Metal nanoparticles: preparation, immobilization, application (e.g. catalysts, sensors, electronics). Semiconduction and functional ceramic nanoparticles: preparation, surface chemistry, colloid chemistry, doping, applications (e.g. biomarkers, luminescent materials, sensors).</p> <p>Hybrid structures: Polymers and suprachemical entities with organic and inorganic building blocks, structural templates, zeolites and mesoporous systems as hosts, sol-gel-chemistry with organic modified precursors, immobilization of biological entities</p> <p>Self assembly: Principles of self assembly in one, two, three and fractal dimensions (e.g. dendrimers, Langmuir-Blodgett layers, membranes, colloidal crystals, lyotropic mesophases). Applications in optical and magnetic systems (e.g. photonic crystals, diluted ferromagnets)</p>			

	<p>Organic nanostructures and nanoparticles: Thin layer systems on organic basis, e.g. OLED's based on polymers or small molecules, ion conducting polymers and structures (e.g. fuel cell membranes, battery membranes).</p> <p>Coatings with nanostructure: Protective coatings with nanofillers, optical coatings, patterning methods (e.g. by photolithographical methods), direct writing of patterned systems (2D and 3D-approaches).</p>
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul	Topics of Inorganic and Physical Chemistry from a B.Sc.-programme in chemistry, chemistry engineering or similar course programmes
Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten	Passing the examination
Prüfungsform und -umfang	Exam (120 minutes) oral exam.
Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung	none



## 4.4 Optical Communications

Modulbezeichnung		Optical Communications				
Modulturnus		1. oder 3. Semester	Winter			
Dauer des Moduls		1 Semester				
Modulbeauftragte/r		Prof. Dr.-Ing. Konrad Mertens				
Hauptamtlich Lehrende/r		Prof. Dr.-Ing. Konrad Mertens				
Language		Englisch				
Verwendbarkeit des Moduls		Master of Science in Informationstechnik (FB 2) Master of Science Photonik		Wahlpflichtmodul  Wahlpflichtmodul		
W O R K  L O A D	Kontaktzeit	Lehrformen	SWS	Std. pro Semester	Summe Kontaktzeit	
		Vorlesung	2	30 h	60 h	
		Übung	1	15 h		
		Praktikum	1	15 h		
	Selbststudium	Form		Std. pro Semester	Summe Selbststudium	
		Vor- und Nachbereitung		90 h	120 h	
		Klausurvorbereitung		30 h		
	Work Load gesamt				180 h	
	Leistungspunkte		6			
	Lernziele		<p>The students know well the composition and the function of components, systems and applications of optical communications.</p> <p>They can distinguish the different fiber types and know, which fiber should be used in a specific communication task. They have learned how to measure source spectra, how to splice fibers, how to assemble fiber connectors and how to use optical time domain reflectometry to analyse fiber links.</p> <p>In summary: the students are able to design optical communication systems, to build them up and to characterize them.</p>			
Inhalte		<p>Introduction: Historical development of optical communications, advantages and disadvantages of fiber optics</p> <p>Optical basics: The nature of light, propagation velocity, refractive index, ray optics, polarization, interference, coherence, dielectric filters</p> <p>Optical fibers: Basics, multi mode fibers, mode formation in waveguides, single mode fibers, attenuation, dispersion, bandwidth-length-product, optical cables</p> <p>Fiber connection technology: Optical splices, optical connectors, coupling losses, reflection losses</p>				

	<p>Optical transmitters and receivers: Light emitting diodes, laser diodes, transmitter circuits, optical amplifiers, photo diodes, receiver circuits</p> <p>Optical measurement technology: Basic attenuation measurements, optical time domain reflectometry</p> <p>System technology and components: Wavelength division multiplexing technology, photonic components, integrated optics</p> <p>Real optical communication systems: Wide area networks, metropolitan area networks, local area networks, fibers to the customer</p> <p>Lab experiments: Optical sources, optical time domain reflectometry, optical splices, connector assembling and attenuation measurements</p>
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul	School knowledge of physics, semiconductor devices, electronic circuits
Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten	Successful pass of the written examination
Prüfungsform und -umfang	Written examination
Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung	Attestation of successfully finished lab experiments

## 4.5 Optische Funktionsmaterialien

Modulbezeichnung		Optische Funktionsmaterialien			
Modulturnus		2. Semester	Sommer		
Dauer des Moduls		1 Semester			
Modulbeauftragte/r		Prof. Dr. U. Kynast			
Hauptamtlich Lehrende/r		Prof. Dr. U. Kynast Prof. Dr. M. Bredol			
Sprache		Deutsch			
Verwendbarkeit des Moduls		Master of Science Photonik		Wahlpflichtmodul	
W O R K	Kontaktzeit	Lehrformen	SWS	Std. pro Semester	Summe Kontaktzeit
		Vorlesung	2	30 h	75 h
		Übung	1	15 h	
		Praktikum	2	30 h	
L O A D	Selbststudium	Form		Std. pro Semester	Summe Selbststudium
		Selbststudium		105 h	105 h
	Work Load gesamt				180 h
Leistungspunkte		6			
Lernziele		Konzeptbeherrschung: Optische Aktivierung bzw. Absorptions- und Relaxationsphänomene von kristallinen und amorphen Festkörpern (Dotierung, Defektchemie).			
Inhalte		<p>Absorption: Lambert-Beersches Gesetz, Kubelka-Munk-Funktion, Extinktions-, Absorptionskoeffizient, Oszillatorstärke, Übergangsdipol, Übergangstypen, Farbpigmente</p> <p>Relaxation: Strahlende und nicht-strahlende Übergänge, Konfigurationskoordinatenmodell, Stokessche Verschiebung, Lumineszenz, Effizienz, Energietransfer, Phosphore</p> <p>Dotierungen und Defektchemie in Kristallen und Gläsern: Klassifizierung und Notation von Punktdefekten, Thermodynamik und Bildungsgleichungen der Defekte, Darstellung von Defekten in Bandlücken als Redox-Gleichgewichte, Diffusionsmodelle, Glasübergang, Konsequenzen für die industrielle Formgebung, Dotierung und Defektchemie in Gläsern und Kristallen</p>			
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul		Abgeschlossenes Bachelorstudium Physikalische Technik			
Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten		- Anerkennung der Ausarbeitung zum Praktikum - Bestehen der Prüfung			
Prüfungsform und -umfang		Klausur oder mündliche Prüfung			
Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung		Anerkennung der Ausarbeitung zum Praktikum			

## 4.6 Photovoltaik

Modulbezeichnung		Photovoltaik			
Modulturnus		2. Semester	Sommer		
Dauer des Moduls		1 Semester			
Modulbeauftragte/r		Prof. Dr.-Ing. Konrad Mertens			
Hauptamtlich Lehrende/r		Prof. Dr.-Ing. Konrad Mertens			
Sprache		Deutsch			
Verwendbarkeit des Moduls		Master of Science in Informationstechnologie Master of Science Photonik		Wahlpflicht  Wahlpflicht	
W O R K  L O A D	Kontaktzeit	Lehrformen	SWS	Std. pro Semester	Summe Kontaktzeit
		Vorlesung	3	45 h	60 h
		Übung	1	15 h	
	Selbststudium	Form		Std. pro Semester	Summe Selbststudium
		Selbststudium		120 h	120 h
	Work Load gesamt				180 h
Leistungspunkte		6			
Lernziele		Die Studierenden sollen die Grundlagen, Zellentechnologien, Systeme und Einsatzbereiche der Photovoltaik kennen und in die Lage sein, photovoltaische Systeme zu konzipieren und zu charakterisieren.			
Inhalte		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einleitung und Übersicht</li> <li>- Das Strahlungsangebot der Sonne</li> <li>- Grundlagen der Photovoltaik</li> <li>- Zellentechnologie</li> <li>- Systemtechnik</li> <li>- Photovoltaische Messtechnik</li> <li>- Ökologische Rahmenbedingungen</li> <li>- Zukünftige Entwicklung</li> </ul>			
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul		Es wird elektrotechnisches und physikalisches Grundwissen vorausgesetzt.			
Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anerkennung der Ausarbeitung zum Praktikum</li> <li>- Bestehen der Prüfung</li> </ul>			
Prüfungsform und -umfang		Klausur oder mündliche Prüfung			
Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung		Anerkennung der Ausarbeitung zum Praktikum			

## 4.7 Quantum Statistical Physics

Modulbezeichnung		Quantum Statistical Physics			
Modulturnus		1. oder 3. Semester	Sommer		
Dauer des Moduls		1 Semester			
Modulbeauftragte/r		Prof. Dr. habil. Klaus Morawetz			
Hauptamtlich Lehrende/r		Prof. Dr. habil. Klaus Morawetz			
Sprache		Englisch			
Verwendbarkeit des Moduls		Masterstudiengang Materials Science an Engineering Masterstudiengang Photonik		Wahlpflicht  Wahlpflicht	
W O R K  L O A D	Kontaktzeit	Lehrformen	SWS	Std. pro Semester	Summe Kontaktzeit
		Vorlesung	3	45 h	75 h
		Übung	2	30 h	
	Selbststudium	Form		Std. pro Semester	Summe Selbststudium
		Selbststudium		105 h	105 h
	Work Load gesamt				180 h
Leistungspunkte		6			
Lernziele		<p><u>Statistische Physik/Statistical Physics:</u> Nach Abschluss des Moduls können die Studierenden die thermodynamischen Größen mittels statistischer Ensembles mikroskopisch berechnen. Die Studierenden sind in der Lage, einfache Verteilungen zu berechnen und in verschiedenen Gebieten der Physik anzuwenden. Grundlagen der Statistischen Physik und Quantenphysik werden erlernt, so dass sie in der Lage sind, sich in aktuelle Gebiete der Materialforschung einarbeiten zu können. Hierzu werden zum einen die Nacharbeit der Vorlesungsmitschriften und das Selbststudium gefördert und zum anderen durch praktisches Programmieren in MATHEMATICA wesentliche Algorithmen vermittelt.</p> <p>After completion of the module, the students can calculate thermodynamic properties with the help of microscopic statistical ensembles. The students will be able to determine simple distributions and to apply them in different fields of physics. Basic knowledge of statistical and quantum physics will be acquired on the basis of which the students will be enabled to work in modern topics of materials science. To this aim the own work on notes of the lecture will be practiced and the ability for self-responsible study will be learned. Practical exercises and programming with MATHEMATICA allows to become acquainted with main algorithms.</p> <p><u>Anwendungen/Applications:</u> Probleme der Strukturentstehung, Clusterentwicklung, Transporteigenschaften der Festkörperphysik, praktische Programmierbeispiele in <i>Mathematica</i> Problems of pattern formation, development of clusters, transport properties in solid state physics, practical programming examples in <i>Mathematica</i></p>			
Inhalte		<p><b><u>Detailed synopsis – Inhalt/Detail:</u></b></p> <p><u>1. Begriff der Entropie, Verteilungsfunktion, Beschreibung von Vielteilchensystemen</u> <u>Entropy, distribution functions, description of many-particle systems</u> (i) Berechnung thermodynamischer Potentiale, statistische Verteilung von Molekülen und Photonen</p>			

	<p>Calculation of thermodynamic potentials, statistical distributions of molecules and photons</p> <p>(ii) Chaotisches Verhalten von dynamischen Systemen, Zufallsprozesse Chaotic behavior of dynamical systems, decay processes</p> <p>(iii) Molekulardynamische und Monte-Carlo Simulation Molecular dynamics and Monte-Carlo simulations</p> <p>(iv) Isingmodell, Metropolisalgorithmus, Testteilchenmethode Ising model, metropolis algorithm, testparticle method</p> <p>(v) Zelluläre Automaten Cellular automates</p> <p>(vi) Perkolation und Clustererkennung Percolation and cluster recognition</p> <p>(vii) Wachstum und Strukturentstehung Growth and pattern formation</p> <p><u>2. Einführung in die Quantentheorie</u> <u>Introduction into quantum mechanics</u></p> <p>(i) Konzepte, concepts (ii) Schrödingergleichung, Schroedinger equation (iii) Zweite Quantisierung, second quantization (iv) Quantenstatistik, quantum statistics</p> <p><u>3. Eigenschaften und Anwendung der Boltzmann-Gleichung</u> <u>Properties and application of Boltzmann equation</u></p> <p>(i) Hydrodynamische Gleichungen, hydrodynamic equations (ii) Transport in Gasen, Flüssigkeiten, Metallen und Festkörpern, transport in gases, liquids, metals and solid states (iii) Anwendung in der optischen Physik, Biologie, Photonik, applications in optical physics, biology, photonics</p> <p><u>4. Materialeigenschaften</u> <u>Materials properties</u></p> <p>(i) Übergangsraten und Auswahlregeln, transition rates and selection rules (ii) Landau-Theorie der Fermiflüssigkeiten, Landau theory of Fermi liquids (iii) Supraleitung, Bose-Einstein Kondensation, superconductivity and Bose-Einstein condensation (iv) Lokalisierungsphänomene in ungeordneten Systemen Localization in disordered systems</p>
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul	Kenntnisse der Fouriertransformation (ab 3. Semester, Mathematik III) Knowledge of Fourier transformation (3d term, Mathematics III)
Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten	Bestehen der Prüfung Passing the examination
Prüfungsform und -umfang	Schriftliche Klausur oder Vortrag, mündliche Prüfung Written examination or presentation, oral examination
Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung	