

**Prüfungsordnung für den konsekutiven Bachelor- und Masterstudiengang Physik des Fachbereiches  
Naturwissenschaften der Universität Kassel vom 25. April 2007**

**Inhalt**

**I. Gemeinsame Bestimmungen**

- § 1 Geltungsbereich
- § 2 Akademische Grade; Profiltyp
- § 3 Regelstudienzeit, Umfang des Studiums, Studienbeginn
- § 4 Prüfungsausschuss
- § 5 Prüfungsleistungen, Modulprüfungen, Wiederholungen

**II. Bachelorabschluss**

- § 6 Prüfungsteile des Bachelorabschlusses
- § 7 Praxismodul
- § 8 Bachelorarbeit, Kolloquium
- § 9 Bildung und Gewichtung der Note

**III. Masterabschluss**

- § 10 Zulassungsvoraussetzungen zum Masterstudium
- § 11 Prüfungsteile des Masterabschlusses
- § 12 Masterarbeit, Kolloquium
- § 13 Bildung und Gewichtung der Note

**IV. Übergangs- und Schlussbestimmungen**

- § 14 Übergangsbestimmungen
- § 15 In-Kraft-Treten, Außer-Kraft-Treten

**Anlagen**

## **I. Gemeinsame Bestimmungen**

### **§ 1 Geltungsbereich**

Die Prüfungsordnung des Fachbereichs Naturwissenschaften für den konsekutiven Bachelor- und Masterstudiengang Physik enthält ergänzende Regelungen zu den Allgemeinen Bestimmungen für Prüfungsordnungen der Studiengänge mit den Abschlüssen Bachelor und Master (AB Bachelor/Master) der Universität Kassel in der jeweils geltenden Fassung.

### **§ 2 Akademische Grade, Profiltyp**

(1) Aufgrund der bestandenen Prüfung wird der akademische Grad „Bachelor of Science“ (B.Sc.), bzw. „Master of Science“ (M.Sc.) durch den Fachbereich Naturwissenschaften verliehen.

(2) Der Masterstudiengang Physik ist vom Profiltyp als forschungsorientierter Studiengang konzipiert. Näheres ergibt sich aus dem Diploma-Supplement.

### **§ 3 Regelstudienzeit, Umfang des Studiums, Studienbeginn**

(1) Die Regelstudienzeit für das Bachelorstudium beträgt einschließlich eines Praktikums und der Bachelorarbeit sechs Semester.

(2) Die Regelstudienzeit für das Masterstudium beträgt einschließlich Masterarbeit und Masterkolloquium vier Semester.

(3) Im Bachelorstudium müssen 180 Credits erlangt werden, davon 12 Credits für die Bachelorarbeit.

(4) Im Masterstudium müssen 120 Credits erlangt werden, davon 30 Credits für das Abschlussmodul bestehend aus Masterarbeit und Masterkolloquium.

(5) Das Bachelorstudium kann nur zum Wintersemester begonnen werden, das Masterstudium kann zum Sommer und Wintersemester begonnen werden.

### **§ 4 Prüfungsausschuss**

(1) Die Entscheidungen in Prüfungsangelegenheiten trifft der Prüfungsausschuss Physik.

(2) Dem Prüfungsausschuss gehören an

- a) drei Professorinnen oder Professoren,
- b) eine wissenschaftliche Mitarbeiterin oder ein wissenschaftlicher Mitarbeiter,
- c) eine Studierende oder ein Studierender des Bachelor-/Masterstudiengangs.

### **§ 5 Prüfungsleistungen, Modulprüfungen, Wiederholungen**

(1) Als Prüfungsleistungen kommen in Frage

- schriftliche Prüfung (30 bis 180 Minuten),
- mündliche Prüfung (15 bis 60 Minuten),
- Seminarvortrag
- Praktikumsbericht.

Näheres regelt das Modulhandbuch.

- (2) Die Modulprüfung ist bestanden, wenn alle Modulteilprüfungsleistungen mit mindestens „ausreichend“ bewertet werden.
- (3) Besteht eine Modulprüfung aus mehreren Modulteilprüfungsleistungen, so können die mit „nicht ausreichend“ bewerteten Teilprüfungsleistungen zweimal wiederholt werden.
- (4) Modulprüfungsleistungen können im Einvernehmen mit den Prüfern bzw. den Prüferinnen in englischer oder in einer anderen Sprache erbracht werden.

## II . Bachelorabschluss

### § 6 Prüfungsteile des Bachelorabschlusses

(1) Der Bachelorabschluss besteht aus den Modulprüfungen der Pflichtmodule gem. Abs. (2) im Umfang von 147 Credits plus der Bachelorarbeit mit 12 Credits und den Wahlpflichtmodulen gem. Abs. (3) mit 21 Credits.

(2) Folgende Pflichtmodule im Umfang von 159 Credits sind zu erbringen:

|      |  |      |
|------|--|------|
| P 1  | Experimentalphysik I   | 7 c  |
| P 2  | Rechenmethoden der Physik I  | 4 c  |
| P 3  | Grundlagen der Analysis  | 18 c |
| P 4  | Allgemeine Chemie  | 8 c  |
| P 5  | Anfängerpraktikum Teil A   | 6 c  |
| P 6  | Experimentalphysik II  | 7 c  |
| P 7  | Theoretische Mechanik  | 6 c  |
| P 8  | Modulübergreifende Prüfung „Klassische Experimentalphysik“           | 4 c  |
| P 9  | Experimentalphysik III   | 4 c  |
| P 10 | Theoretische Elektrodynamik  | 6 c  |
| P 11 | Lineare Algebra I  | 9 c  |
| P 12 | Anfängerpraktikum Teil B   | 6 c  |
| P 13 | Modulübergreifende Prüfung „Theorie klassischer Teilchen und Felder“ | 4 c  |
| P 14 | Experimentalphysik IV  | 4 c  |
| P 15 | Theoretische Quantenmechanik   | 6 c  |
| P 16 | Anfängerpraktikum Teil C   | 6 c  |
| P 17 | Vertiefung Analysis  | 5 c  |
| P 18 | Experimentalphysik V   | 4 c  |
| P 19 | Thermodynamik und Statistische Physik                                | 6 c  |
| P 20 | Fortgeschrittenenpraktikum BA  | 12 c |
| P 21 | Physikalisches Seminar   | 4 c  |
| P 22 | Modulübergreifende Prüfung „Theoretische Physik II“                  | 4 c  |
| P 23 | Modulübergreifende Prüfung „Moderne Experimentalphysik“              | 4 c  |
| P 24 | Bachelorarbeit   | 12 c |
| P 25 | Seminar zur Bachelorarbeit   | 3 c  |

(3) 21 Credits sind u.a. aus folgenden Wahlpflichtmodulen zu erbringen (Anzahl der Credits der Module W6–W22 wird durch den anbietenden Fachbereich festgelegt).

|      |   |      |
|------|---|------|
| W 1  | Berufspraktikum                             | 8 c  |
| W 2  | Laseranwendungen in den Naturwissenschaften | 2 c  |
| W 3  | Programmierung                              | 12 c |
| W 4  | Angewandte Computerorientierte Mathematik   | 15 c |
| W 5  | Anorganische Chemie I                       | 5 c  |
| W 6  | Physikalische Chemie I                      |      |
| W 7  | Physikalische Chemie II                     |      |
| W 8  | Nanostrukturen aus chemischer Sicht I       |      |
| W 9  | Elektrische Messtechnik                     |      |
| W 10 | Elektronische Bauelemente                   |      |
| W 11 | Werkstoffe der Elektrotechnik               |      |
| W 12 | Digitaltechnik I                            |      |
| W 13 | Digitaltechnik II                           |      |
| W 14 | Optoelektronik I                            |      |
| W 15 | Diskrete Schaltungstechnik                  |      |
| W 16 | Grundlagen Regelungstechnik.                |      |
| W 17 | Biochemie I                                 |      |
| W 18 | Genetik                                     |      |
| W 19 | Zellbiologie                                |      |
| W 20 | Biochemie II                                |      |
| W 21 | Nanostrukturen aus biologische Sicht I      |      |
| W 22 | Nanostrukturen aus biologische Sicht II     |      |

### § 7 Praxismodul

(1) Das Praxismodul umfasst das Modul P 20 „Fortgeschrittenenpraktikum BA“ und in der Regel das Modul W 1 „Berufspraktikum“ im Umfang von sechs Wochen.

(2) Für das Praxismodul werden insgesamt 20 Credits vergeben, davon 12 c für das Fortgeschrittenenpraktikum BA und 8 c für das Berufspraktikum. Zu dem Berufspraktikum ist einem vom Prüfungsausschuss zu benennenden Prüfer ein Praxisbericht vorzulegen, der die gewonnenen Erfahrungen wiedergibt. Der Praxisbericht wird mit „bestanden“ oder „nicht bestanden“ bewertet.

### § 8 Bachelorarbeit, Seminarvortrag

(1) Das Thema der Bachelorarbeit wird frühestens im fünften Semester auf Antrag ausgegeben. Das Bestehen folgender Pflicht- und Wahlpflichtmodule ist dabei nachzuweisen:

- P 1 Experimentalphysik I
- P 2 Rechenmethoden der Physik
- P 3 Grundlagen der Analysis
- P 4 Allgemeine Chemie
- P 5 Anfängerpraktikum Teil A
- P 6 Experimentalphysik II
- P 7 Theoretische Mechanik
- P 8 Modulübergreifende Prüfung „Klassische Experimentalphysik“
- P 9 Experimentalphysik III
- P 10 Theoretische Elektrodynamik
- P 11 Lineare Algebra I
- P 12 Anfängerpraktikum Teil B
- P 13 Modulübergreifende Prüfung „Theorie klassischer Teilchen und Felder“

- P 14 Experimentalphysik IV
- P 15 Theoretische Quantenmechanik
- P 16 Anfängerpraktikum Teil C
- P 17 Vertiefung Analysis
- P 18 Experimentalphysik V
- P 19 Thermodynamik und Statistische Physik
- P 22 Modulübergreifende Prüfung „Theoretische Physik II“
- P 23 Modulübergreifende Prüfung „Moderne Experimentalphysik“  
sowie mindestens 10 Credits im Wahlpflichtbereich.

(2) Die Bearbeitungszeit der Bachelorarbeit beträgt neun Wochen und beginnt mit dem Tag der Mitteilung. Das Thema der Bachelorarbeit darf nur einmal und nur innerhalb des ersten drei Wochen zurückgegeben werden.

(3) Kann der erste Abgabetermin aus Gründen, die der Kandidat oder die Kandidatin nicht zu vertreten hat nicht eingehalten werden, so wird die Abgabefrist um die Zeit der Verhinderung, längstens jedoch um vier Wochen verlängert.

(4) Die Bachelorarbeit ist fristgerecht in drei gehefteten schriftlichen Exemplaren beim Prüfungsausschuss abzugeben. Die Bachelorarbeit kann im Einvernehmen mit den Betreuern in englischer oder einer anderen Sprache erbracht werden.

(5) Die Bachelorarbeit ist im Rahmen eines Bachelorseminars in einem Seminarvortrag vorzustellen. An dem Seminarvortrag nehmen außer dem Kandidaten, der Kandidatin und weiteren Seminarteilnehmern der Erstgutachter und ein Beisitzer teil. Der Seminarvortrag soll spätestens vier Wochen nach Abgabe der Bachelorarbeit erfolgen. Die Dauer beträgt für den Seminarvortrag 30 bis maximal 45 Minuten.

### § 9 Bildung und Gewichtung der Note

(1) Bei der Berechnung der Gesamtnote der Bachelorprüfung gehen die Noten der im Folgenden angegebenen Module mit den nachfolgend angegebenen Gewichten ein

|      |  |      |
|------|--|------|
| P 1  | Experimentalphysik I   | 1 %  |
| P 2  | Rechenmethoden der Physik  | 1 %  |
| P 3  | Grundlagen der Analysis  | 5 %  |
| P 4  | Allgemeine Chemie  | 5 %  |
| P 5  | Anfängerpraktikum Teil A   | 1 %  |
| P 6  | Experimentalphysik II  | 1 %  |
| P 7  | Theoretische Mechanik  | 1 %  |
| P 8  | Modulübergreifende Prüfung „Klassische Experimentalphysik“           | 10 % |
| P 9  | Experimentalphysik III   | 1 %  |
| P 10 | Theoretische Elektrodynamik  | 1 %  |
| P 11 | Lineare Algebra I  | 5 %  |
| P 12 | Anfängerpraktikum Teil B   | 1 %  |
| P 13 | Modulübergreifende Prüfung „Theorie klassischer Teilchen und Felder“ | 10 % |
| P 14 | Experimentalphysik IV  | 1 %  |
| P 15 | Theoretische Quantenmechanik   | 1 %  |
| P 16 | Anfängerpraktikum Teil C   | 1 %  |
| P 17 | Vertiefung Analysis  | 5 %  |
| P 18 | Experimentalphysik V   | 1 %  |
| P 19 | Thermodynamik und Statistische Physik                                | 1 %  |
| P 20 | Fortgeschrittenenpraktikum BA  | 1 %  |

|      |   |      |
|------|---|------|
| P 21 | Physikalisches Seminar                                  | 5 %  |
| P 22 | Modulübergreifende Prüfung „Theoretische Physik II“     | 10 % |
| P 23 | Modulübergreifende Prüfung „Moderne Experimentalphysik“ | 10 % |
| P 24 | Bachelorarbeit  | 10 % |
| P 25 | Seminar zur Bachelorarbeit                              | 1 %  |

Zusätzlich geht die Durchschnittsnote der im Wahlpflichtbereich eingebrachten Module mit einem Gewicht von 10% in die Gesamtnote ein.

### III. Masterabschluss

#### §10 Zulassung zum Masterstudium

- (1) Zum Masterstudium kann nur zugelassen werden, wer
- die Bachelorprüfung im Studiengang Physik der Universität Kassel bestanden hat oder
  - einen fachlich gleichwertigen Abschluss einer anderen Hochschule oder Fachhochschule mit einer Regelstudienzeit von mindestens sechs Semestern und 180 Credits erworben hat
  - mindestens die Note „Befriedigend“ nachweist und die Anforderungen gem. Abs. 2 erfüllt.
- (2) Das fachliche Profil des Studienabschlusses gem. Abs. 1 b) muss den Anforderungen des Masterstudiengangs Physik entsprechen. Zusätzlich ist eine besondere fachliche Qualifikation der Bewerberin oder des Bewerbers für das Masterstudium in Physik erforderlich.
- (3) Das Vorliegen der Voraussetzungen gemäß Absatz 2 wird in der Regel aufgrund eines Auswahlgesprächs von 30 Minuten Dauer festgestellt. Für das Auswahlgespräch bestellt der Prüfungsausschuss zwei Professorinnen oder Professoren. Auf das Auswahlgespräch kann verzichtet werden, wenn das Vorliegen der Voraussetzungen bereits aufgrund der schriftlichen Bewerbungsunterlagen durch den Prüfungsausschuss festgestellt wird.
- (4) Fehlen der Bewerberin oder dem Bewerber Voraussetzungen für die Zulassung zum Masterstudium, kann der Prüfungsausschuss die Zulassung unter der Auflage aussprechen, dass bis zur Anmeldung der Masterarbeit die fehlenden Kenntnisse durch erfolgreiches Absolvieren bestimmter Bachelor-Module aus dem Studiengang Physik im Umfang von maximal 60 Credits nachgewiesen werden.

#### § 11 Prüfungsteile des Masterabschlusses

- (1) Der Masterabschluss besteht aus den Modulprüfungen der in Absatz 2 aufgeführten Module sowie der Masterarbeit einschließlich Kolloquium gem. § 12.
- (2) Das Bestehen aller Modulprüfungen in den Pflichtmodulen im Umfang von insgesamt 77 Credits und mindesten 8 Credits aus dem Wahlpflichtbereich theoretische Physik, mindestens 8 Credits aus dem Wahlpflichtbereich Experimentalphysik und mind. 10 max. 12 Credits aus nicht-physikalischen Bereichen sind nachzuweisen:

Pflichtmodule

|  |      |
|--|------|
| PM 1 Fortgeschrittenenpraktikum MA       | 9 c  |
| PM 2 Experimentalphysikalisches Seminar  | 4 c  |
| PM 3 Theorieseminar                      | 4 c  |
| PM 4 Fachliche Spezialisierung           | 15 c |
| PM 5 Methodenkenntnis und Projektplanung | 15 c |
| PM 6 Masterarbeit mit Kolloquium         | 30 c |

Wahlpflichtmodule theoretische Physik min. 8 c

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| WT 1 Theoretische Festkörperphysik | 8 c |
| WT 2 Quantenmechanik II            | 8 c |

Wahlpflichtmodule Experimentalphysik min. 8 c

|  |     |
|--|-----|
| WE 1 Laserphysik und nichtlineare Optik                    | 6 c |
| WE 2 Angewandte Halbleiterphysik                           | 6 c |
| WE 3 Halbleiterlaser                                       | 6 c |
| WE 4 Ultrakurze Laserpulse und ihre Anwendung              | 3 c |
| WE 5 Dünnschichtphysik und Physik mit Synchrotronstrahlung | 3 c |
| WE 6 Oberflächenphysik                                     | 3 c |
| WE 7 Astrophysik/Astronomie                                | 6c  |

Nicht-physikalische Module 10–12 c

Es können Module aus den Bereichen Mathematik, physikalische Chemie, Elektrotechnik, Maschinenbau, Chemie, Biologie und Wirtschaftswissenschaften gewählt werden.

**§ 12 Masterarbeit, Kolloquium**

(1) Masterarbeit und Masterkolloquium bilden das Abschlussmodul. Für dieses Modul werden 30 Credits vergeben.

(2) Das Thema der Masterarbeit wird frühestens nach Abschluss der Module „Fachliche Spezialisierung“ und „Methodenkenntnis und Projektplanung“ auf Antrag ausgegeben. Das Thema der Masterarbeit baut inhaltlich auf die Module „Fachliche Spezialisierung“ und „Methodenkenntnis und Projektplanung“ auf. Die Bearbeitungszeit der Masterarbeit beträgt sechs Monate und beginnt mit dem Tag der Mitteilung des Themas.

(3) Das Thema der Masterarbeit kann nur einmal und nur innerhalb des ersten Drittels der Bearbeitungszeit zurückgegeben werden.

(4) Kann der erste Abgabetermin aus Gründen, die der Kandidat oder die Kandidatin nicht zu vertreten hat nicht eingehalten werden, so wird die Abgabefrist um die Zeit der Verhinderung, längstens jedoch um drei Monate verlängert.

(5) Die Masterarbeit ist fristgerecht in drei gehefteten schriftlichen Exemplaren beim Prüfungsausschuss abzugeben. Die Masterarbeit kann im Einvernehmen mit den Betreuern in englischer oder einer anderen Sprache erbracht werden.

(6) Die Masterarbeit ist im Rahmen eines Abschluss-Kolloquiums vorzustellen. An dem Kolloquium nehmen außer dem Kandidaten, der Kandidatin und weiteren Studierenden des Studiengangs Erstgutachter und ein Beisitzer teil. Das Kolloquium soll frühestens vier Monate nach Beginn der Masterarbeit und spätestens zwei Monate nach Abgabe der Masterarbeit erfolgen. Die Dauer beträgt für das Kolloquium maximal 60 Minuten.

### **§ 13 Bildung und Gewichtung der Note**

Bei der Berechnung der Gesamtnote der Masterprüfung gehen die Noten aller eingebrachter Module mit einem Gewicht entsprechend ihrer Anzahl von Credits ein.

|   |        |
|---|--------|
| PM 1 Fortgeschrittenen-Praktikum MA     | 9/120  |
| PM 2 Experimentalphysikalisches Seminar | 4/120  |
| PM 3 Theorieseminar                     | 4/120  |
| Fachliche Spezialisierung               | 15/120 |
| Methodenkenntnis und Projektplanung     | 15/120 |
| Masterarbeit                            | 30/120 |
| Wahlpflichtmodule entsprechend          |        |

## **IV. Übergangs- und Schlussbestimmungen**

### **§ 14 Übergangsbestimmungen**

(1) Diese Prüfungsordnung gilt für alle Studierenden, die nach dem Inkrafttreten das Studium im Bachelor- oder Masterstudiengang Physik der Universität Kassel aufnehmen.

(2) Studierende, die vor dem Inkrafttreten dieser Prüfungsordnung das Studium im Diplomstudiengang Physik der Universität Kassel aufgenommen und das Diplom noch nicht abgeschlossen haben, werden während einer Übergangsfrist bis zum 31. März 2015 nach der bisher gültigen Diplomprüfungsordnung geprüft.

(3) Auf Antrag werden die Studierenden nach dieser Prüfungsordnung geprüft. Der Prüfungsausschuss entscheidet über die Anrechnung äquivalenter studienbegleitender Prüfungsleistungen nach der auslaufenden Prüfungsordnung.

### **§ 15 In-Kraft-Treten, Außer-Kraft-Treten**

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

(2) Die Prüfungsordnung für den Diplomstudiengang Physik der Universität Kassel vom 23. Mai 1984 i.d.F. vom 23. Januar 1985, zuletzt geändert am 28. Oktober 1992 tritt mit Ablauf des 31. März 2015 außer Kraft.

Kassel, den 30. Oktober 2007

Der Dekan des Fachbereichs Naturwissenschaften

Prof. Dr. Holger Wöhrmann



## Übersicht über den Bachelorstudiengang

| Credits      | Semester 1              | Semester 2                      | Semester 3                                  | Semester 4                   | Semester 5                           | Semester 6                  |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
|--------------|-------------------------|---------------------------------|---|------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|-------------------|-----------------|
| 1            | Exp. Phys. I            | Exp. Phys. II                   | Exp. Phys. III                              | Exp. Phys. IV                | Exp. Phys. V                         | Wahlpflicht                 |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
| 2            |                         |                                 |   |                              |                                      |                             |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
| 3            |                         |                                 |   |                              |                                      |                             |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
| 4            |                         |                                 |   |                              |                                      |                             |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
| 5            |                         |                                 |   |                              |                                      |                             |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
| 6            |                         |                                 |   |                              |                                      |                             |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
| 7            |                         |                                 |   |                              |                                      |                             |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
| 8            | Grundlagen der Analysis |                                 | Theoretische Elektro-dynamik                | Theoretische Quantenmechanik | Thermodynamik u. Statistische Physik | Fortgeschr.-Praktikum BA    |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
| 9            |                         |                                 |   |                              |                                      |                             |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
| 10           |                         |                                 |   |                              |                                      |                             |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
| 11           |                         |                                 |   |                              |                                      |                             |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
| 12           |                         |                                 |   |                              |                                      |                             |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
| 13           |                         |                                 |   |                              |                                      |                             |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
| 14           |                         |                                 |   |                              |                                      |                             |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
| 15           | Allgemeine Chemie       |                                 | Lineare Algebra I                           | Anfänger-Praktikum C         | Fortgeschr.-Praktikum BA             | Bachelor-Arbeit             |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
| 16           |                         |                                 |   |                              |                                      |                             |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
| 17           |                         |                                 |   |                              |                                      |                             |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
| 18           |                         |                                 |   |                              |                                      |                             |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
| 19           |                         |                                 |   |                              |                                      |                             |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
| 20           |                         |                                 |   |                              |                                      |                             |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
| 21           |                         |                                 |   |                              |                                      |                             | Rechenmeth. der Physik | Theoretische Mechanik | Anfänger-Praktikum B | Vertiefung Analysis | Physikal. Seminar | Bachelor-Arbeit |
| 22           |                         |                                 |   |                              |                                      |                             |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
| 23           |                         |                                 |   |                              |                                      |                             |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
| 24           |                         |                                 |   |                              |                                      |                             |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
| 25           | Anfänger-Praktikum A    | Prüfung: Klassische Exp.-Physik | Prüfung: Theorie klass. Teilchen und Felder | Wahlpflicht                  | Prüfung: Moderne Exp.-Physik         | Seminar zur Bachelor-Arbeit |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
| 26           |                         |                                 |   |                              |                                      |                             |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
| 27           |                         |                                 |   |                              |                                      |                             |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
| 28           |                         |                                 |   |                              |                                      |                             |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
| 29           |                         |                                 |   |                              |                                      |                             |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
| 30           |                         |                                 |   |                              |                                      |                             |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
| 31           |                         |                                 |   |                              |                                      |                             | Wahlpflicht            | Wahlpflicht           | Wahlpflicht          | Wahlpflicht         | Wahlpflicht       |                 |
| 32           |                         |                                 |   |                              |                                      |                             |                        |                       |                      |                     |                   |                 |
| <b>Summe</b> | <b>30</b>               | <b>30</b>                       | <b>31</b>                                   | <b>31</b>                    | <b>31</b>                            | <b>27</b>                   |                        |                       |                      |                     |                   |                 |

## Übersicht über den Masterstudiengang

| Credits      | Semester 1  | Semester 2                  | Semester 3                                 | Semester 4                                   |
|--------------|---|-----------------------------|--|--|
| 1            | Fortgeschrittenen Praktikum MA<br>9 Credits   |                             | Fachliche<br>Spezialisierung<br>15 Credits | Masterarbeit<br>mit Kolloquium<br>30 Credits |
| 2            |   |                             |  |  |
| 3            |   |                             |  |  |
| 4            |   |                             |  |  |
| 5            | Experimentalphys.<br>Seminar<br>4 Credits   | Theorieseminar<br>4 Credits |  |  |
| 6            |   |                             |  |  |
| 7            |   |                             |  |  |
| 8            |   |                             |  |  |
| 9            | Wahlpflicht Experimentalphysik<br>mindestens 8 Credits                                  |                             |  |  |
| 10           |   |                             |  |  |
| 11           |   |                             |  |  |
| 12           |   |                             |  |  |
| 13           | Wahlpflicht Theoretische Physik<br>mindestens 8 Credits                                 |                             |  |  |
| 14           |   |                             |  |  |
| 15           |   |                             |  |  |
| 16           |   |                             |  |  |
| 17           | Wahlpflicht nicht-physikalisch<br>10-12 Credits   |                             |  |  |
| 18           |   |                             |  |  |
| 19           |   |                             |  |  |
| 20           |   |                             |  |  |
| 21           | Wahlpflicht aus<br>Experimentalphysik oder<br>Theoretischer Physik<br>frei kombinierbar |                             |  |  |
| 22           |   |                             |  |  |
| 23           |   |                             |  |  |
| 24           |   |                             |  |  |
| 25           |   |                             |  |  |
| 26           |   |                             |  |  |
| 27           |   |                             |  |  |
| 28           |   |                             |  |  |
| 29           |   |                             |  |  |
| 30           |   |                             |  |  |
| <b>Summe</b> | <b>30</b>   | <b>30</b>                   | <b>30</b>                                  | <b>30</b>                                    |

**Modulhandbuch**

für den Studiengang

**Bachelor of Science in Physik**

Fachbereich Naturwissenschaften

Universität Kassel

## Übersicht über die Module

### **Pflichtmodule:**

- P 1 Experimentalphysik I
- P 2 Rechenmethoden der Physik
- P 3 Grundlagen der Analysis
- P 4 Allgemeine Chemie
- P 5 Anfängerpraktikum Teil A
- P 6 Experimentalphysik II
- P 7 Theoretische Mechanik
- P 8 Modulübergreifende Prüfung „Klassische Experimentalphysik“
- P 9 Experimentalphysik III
- P 10 Theoretische Elektrodynamik
- P 11 Lineare Algebra I
- P 12 Anfängerpraktikum Teil B
- P 13 Modulübergreifende Prüfung „Theorie klassischer Teilchen und Felder“
- P 14 Experimentalphysik IV
- P 15 Theoretische Quantenmechanik
- P 16 Anfängerpraktikum Teil C
- P 17 Vertiefung Analysis
- P 18 Experimentalphysik V
- P 19 Thermodynamik und Statistische Physik
- P 20 Fortgeschrittenenpraktikum BA
- P 21 Physikalisches Seminar
- P 22 Modulübergreifende Prüfung „Theoretische Physik II“
- P 23 Modulübergreifende Prüfung „Moderne Experimentalphysik“
- P 24 Bachelorarbeit
- P 25 Seminar zur Bachelorarbeit

**Wahlpflichtmodule:**

Die Modulhandbuchseiten der Wahlpflichtmodule werden größtenteils von anderen Fachbereichen zur Verfügung gestellt und befinden sich zur Zeit noch in der Vorbereitung. Auf einen vollständigen Abdruck der Seiten wird hier verzichtet.

- W 1 Berufspraktikum
- W 2 Laseranwendungen in den Naturwissenschaften
- W 3 Programmierung
- W 4 Angewandte Computerorientierte Mathematik
- W 5 Anorganische Chemie I
- W 6 Physikalische Chemie I
- W 7 Physikalische Chemie II
- W 8 Nanostrukturen aus chemischer Sicht I
- W 9 Elektrische Messtechnik
- W 10 Elektronische Bauelemente
- W 11 Werkstoffe der Elektrotechnik
- W 12 Digitaltechnik I
- W 13 Digitaltechnik II
- W 14 Optoelektronik I
- W 15 Diskrete Schaltungstechnik
- W 16 Grundlagen der Regelungstechnik
- W 17 Biochemie I
- W 18 Genetik
- W 19 Zellbiologie (empfohlene Voraussetzung: Biochemie I)
- W 20 Biochemie II (empfohlene Voraussetzung: Biochemie I)
- W 21 Nanostrukturen aus biologische Sicht I (empfohlene Voraussetzung: Zellbiologie)
- W 22 Nanostrukturen aus biologische Sicht II (empfohlene Voraussetzung: Genetik)

## P 1 Experimentalphysik I

|  |   |
|--|---|
| Modulbezeichnung:                            | Experimentalphysik I  |
| ggf. Kürzel:                                 | Exp. Phys. I  |
| ggf. Untertitel:                             |   |
| ggf. Lehrveranstaltungen:                    | Vorlesung, Übung  |
| Semester:                                    | 1. Semester   |
| Modulverantwortlicher:                       | Studiendekan Physik (Prof. Dr. R. Matzdorf)   |
| Dozent:                                      | Prof. Dr. R. Matzdorf   |
| Sprache:                                     | deutsch   |
| Zuordnung zum Curriculum:                    | B. Sc. in Physik: Pflichtmodul<br>Nanostrukturwissenschaften: Pflichtmodul<br>Lehramt L3 (Physik): Pflichtmodul<br>Berufspädagogik (Physik): Pflichtmodul<br>B. Sc. in Mathematik: Wahlpflichtmodul<br>Informatik: Wahlpflichtmodul   |
| Lehrform / SWS:                              | Vorlesung 5 SWS, Übung 2 SWS  |
| Arbeitsaufwand:                              | Präsenzzeit: 7h x 15 = 105h, Selbststudium: 100h, Summe = 205 Stunden   |
| Kreditpunkte:                                | 7 Credits   |
| Voraussetzungen:                             | Einschreibung in einen der Studiengänge: B.Sc. in Physik, Nanostrukturwissenschaften, Lehramt L3, Berufspädagogik, Mathematik oder Informatik   |
| Lernziele / Kompetenzen:                     | Anschauliche Vorstellung der physikalischen Effekte in Mechanik und Wärmelehre entwickeln.<br>Experimentelle Messmethoden aus Mechanik und Wärmelehre kennen.<br>Mathematische Formulierung der physikalischen Modelle zur Beschreibung der Naturvorgänge kennen und auf einfache Fälle anwenden können.<br>Quantitative Vorhersagen für physikalische Vorgänge berechnen können, bei denen der Ansatz für die Rechnung direkt erkennbar ist. |
| Integrierter Erwerb von Schlüsselkompetenzen | Erlernen des eigenständigen Arbeitens mit physikalischen Lehrbüchern.<br>Erwerb der Fähigkeit abstrakte Grundprinzipien auf konkrete physikalische Fallbeispiele aus der alltäglichen Umgebung anzuwenden (Grundstein für den Erwerb von Problemlösungskompetenz).<br>Training des logischen Denkens  |
| Inhalt:                                      | <b>Mechanik</b><br>Zeit, Länge, Geschwindigkeit, Masse, Kraft, Beschleunigung, Newtonsche Axiome, Gravitation, mehrdimensionale Bewegungen, Kraftfelder, Arbeit, Energie, Impuls und Erhaltungssätze, Leistung, Reibung, Inertialsysteme,   |

|                  |   |
|------------------|---|
|                  | <p>Dynamik starrer Körper, Kreisel, rotierende Bezugssysteme, Schwingungen (ungedämpft, gedämpft, erzwungen), deterministisches Chaos, Deformation fester Körper, ruhende Flüssigkeiten, strömende Flüssigkeiten und Gase</p> <p><b>Wärmelehre</b></p> <p>Kinetische Gastheorie, Temperaturmessung, Boltzmannverteilung, Wärmekapazität, Hauptsätze der Thermodynamik, Wärmekraftmaschinen, Entropie, Wärmeleitung, Diffusion, Phasenübergänge, reale Gase, Erzeugung tiefer Temperaturen, Wärmestrahlung</p> |
| Studienleistung  | Erfolgreiche Teilnahme an den Übungen   |
| Prüfungsleistung | <p>Klausur (2–3 Stunden) oder mündliche Prüfung (30 min)</p> <p>Art der Prüfung, Prüfungstermin und Dauer der Prüfung wird zu Beginn der Veranstaltung mitgeteilt.</p>  |
| Medienformen:    | Live-Experimente, Powerpoint-Präsentation, Tafel, Folienkopien als Skript   |
| Literatur:       | <p>Demtröder, Experimentalphysik I, Springer</p> <p>Tipler, Physik, Spektrum</p> <p>Gerthsen, Physik, Springer</p> <p>Bergmann-Schäfer, Mechanik, Relativität, Wärme, de Gruyter</p>  |

## P 2 Rechenmethoden der Physik

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Modulbezeichnung:             | Rechenmethoden der Physik  |
| ggf. Kürzel:                  | Rechenmethoden   |
| ggf. Untertitel:              |  |
| ggf. Lehrveranstaltungen:     | Vorlesung  |
| Semester:                     | 1. Semester  |
| Modulverantwortliche:         | Studiendekan Physik (Prof. Dr. R. Matzdorf)  |
| Dozent:                       | Prof. Dr. G. Pastor, Prof. Dr. M. Garcia, Prof. Dr. M. Lein im Wechsel   |
| Sprache:                      | deutsch  |
| Zuordnung zum Curriculum:     | B. Sc. in Physik: Pflichtmodul<br>Lehramt L3 (Physik): Pflichtmodul<br>Lehramt L2 (Physik): Wahlpflichtmodul<br>Berufspädagogik (Physik): Pflichtmodul   |
| Lehrform / SWS:               | Vorlesung 4 SWS  |
| Arbeitsaufwand:               | Präsenzzeit: 4h x 15 = 60h, Selbststudium: 60h, Summe = 120 Stunden  |
| Kreditpunkte:                 | 4 Credits  |
| Voraussetzungen:              | Einschreibung in einen der Studiengänge: B.Sc. in Physik, Lehramt L3, Lehramt L2   |
| Lernziele / Kompetenzen:      | Praktischer Umgang mit mathematischen Methoden, die in der Physik zum Einsatz kommen.<br><br>Lösung konkreter Aufgaben durch Einsatz geeigneter mathematischer Techniken.  |
| Inhalt:                       | Differentialrechnung, Integralrechnung<br>Potenzreihen, Taylorentwicklung<br>Komplexe Zahlen, Funktionen komplexer Variablen<br>Vektoralgebra<br>Matrizen, Eigenvektoren<br>Koordinatensysteme<br>einfache Differentialgleichungen |
| Studien-, Prüfungsleistungen: | Prüfungsleistung: Klausur (2–3 Stunden) oder mündliche Prüfung (30 min)<br><br>Art der Prüfung, Prüfungstermin und Dauer der Prüfung wird zu Beginn der Veranstaltung mitgeteilt.  |
| Medienformen:                 | Vorlesung, Tafel, Folien   |
| Literatur:                    | S. Großmann, Mathematischer Einführungskurs für die Physik<br>Bronstein, Taschenbuch der Mathematik, Harry Deutsch   |



## P 3 Grundlagen der Analysis

|  |   |
|--|---|
| Modulbezeichnung:                            | Grundlagen der Analysis   |
| ggf. Kürzel:                                 |   |
| ggf. Untertitel:                             |   |
| ggf. Lehrveranstaltungen:                    | Vorlesung und Übung Analysis I<br>Vorlesung und Übung Analysis II   |
| Semester:                                    | 1. und 2. Semester  |
| Modulverantwortliche:                        | Studiendekan Mathematik   |
| Dozent:                                      | Prof. Dr. W. Varnhorn, Prof. Dr. M. Specovius-Neugebauer  |
| Sprache:                                     | deutsch   |
| Zuordnung zum Curriculum:                    | B. Sc. in Physik: Pflichtmodul<br>B. Sc. in Mathematik: Pflichtmodul  |
| Lehrform / SWS:                              | Vorlesung 8 SWS, Übung 4 SWS  |
| Arbeitsaufwand:                              | Präsenzzeit: 180h, Selbststudium: 360h, Summe = 540 Stunden   |
| Kreditpunkte:                                | 18 Credits  |
| Voraussetzungen:                             |   |
| Lernziele / Kompetenzen:                     | Problemlösekompetenz und Überblickswissen in den Grundlagen der Infinitesimalrechnung<br>Verstehen und eigenes Formulieren einfacher Beweise<br>Selbständiges Erarbeiten (einfacher) unbekannter mathematischer Sachverhalte und Algorithmen<br>Fähigkeit, geeignete Software (Computeralgebrasysteme, Programmiersprachen, Tabellenkalkulationssysteme) in ersten Algorithmen und bei der Lösung komplexerer Aufgaben aus dem Grundbereich Analysis anzuwenden |
| Integrierter Erwerb von Schlüsselkompetenzen | Fähigkeit zum logischen Denken und Argumentieren<br>Durchhaltevermögen  |
| Inhalt:                                      | Reelle und komplexe Zahlen,<br>vollständige Induktion,<br>Konvergenz (in metrischen Räumen), Stetigkeit, Elementare Funktionen (auf $\mathbb{C}$ ),<br>Reelle Differential- und Integralrechnung in einer und mehreren Dimensionen,<br>Wege und Kurven, Gradientenfelder und Potentiale,<br>Integralsätze,<br>Lösen nichtlinearer Gleichungen,<br>Elemente der Topologie (in metrischen bzw. Banachräumen): Konvergenz, Kompaktheit, Zusammenhang.              |
| Studien-, Prüfungsleistungen:                | Regelmäßige Bearbeitung von Übungsaufgaben; (der Dozent kann für einzelne Lehrveranstaltungen zusätzliche Kriterien festlegen, wie z.B.   |

|               |   |
|---------------|---|
|               | Klausuren)<br>2 Modulteilprüfungen: Je zwei sequentielle Prüfungen (Klausur oder mündliche Prüfung), von denen die bessere gewertet wird.   |
| Medienformen: |   |
| Literatur:    | Forster: Analysis I + II;<br>Burg, Haf, Wille: Höhere Mathematik für Ingenieure I (Analysis);<br>Heuser: Analysis I;<br>Amann, Escher: Analysis I<br>K. Königsberger: Analysis II<br>W. Rudin: Analysis |

## P 4 Allgemeine Chemie

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Modulbezeichnung:             | Allgemeine Chemie   |
| ggf. Kürzel:                  |   |
| ggf. Untertitel:              |   |
| ggf. Lehrveranstaltungen:     | Vorlesung, Übung, Praktikum   |
| Semester:                     | 1. Semester   |
| Modulverantwortliche:         | Studiendekan Chemie (Prof. Dr. J. Salbeck)  |
| Dozent:                       | Prof. Dr. U. Siemeling  |
| Sprache:                      | deutsch   |
| Zuordnung zum Curriculum:     | Pflichtmodul  |
| Lehrform / SWS:               | Vorlesung 3 SWS, Übung 1 SWS, Praktikum mit Seminar 3 SWS   |
| Arbeitsaufwand:               | Präsenzzeit: 7h x 15 = 105h, Selbststudium: 135h, Summe = 240 Stunden   |
| Kreditpunkte:                 | 8 Credits   |
| Voraussetzungen:              |   |
| Lernziele / Kompetenzen:      | <p>Erwerb grundlegender Kenntnisse der Allgemeinen, Anorganischen, und Physikalischen Chemie.</p> <p>Zu erlangende Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vertrautheit mit und kritische Würdigung der Vorgehensweise und gedanklichen Struktur einer experimentellen Naturwissenschaft</li> <li>- Verständnis für einfache chemische Zusammenhänge durch Anwendung grundlegender Prinzipien und Konzepte</li> <li>- Fähigkeit zum realitätsbezogenen fachlichen Problemlösen, insbesondere im Hinblick auf Physik-relevante chemische Fragestellungen</li> <li>- Fähigkeit zum selbständigen Erwerb relevanten enzyklopädischen Wissens auf der Basis stofflicher Grundkenntnisse im situativen Kontext</li> <li>- Fähigkeit zur korrekten fachspezifischen Artikulation</li> <li>- Praktisch-handwerkliche Fertigkeiten im Kontext einer experimentellen Naturwissenschaft (sicheres und sauberes Hantieren mit Arbeitsgeräten und Gefahrstoffen im Rahmen der gesetzlichen Bestimmungen)</li> </ul> |
| Inhalt:                       | Lehrinhalte rekrutieren sich aus den Bereichen Atombau, chemische Bindung, Zustandsformen der Materie, Thermodynamik, Kinetik, chemisches Gleichgewicht, Säuren und Basen, Oxidation und Reduktion; dazu kommen Grundzüge der Chemie von Metallen und Nichtmetallen.  |
| Studien-, Prüfungsleistungen: | Klausur (ca. einstündig)  |

|               |   |
|---------------|---|
| Medienformen: |   |
| Literatur:    | Atkins, Beran: Chemie – einfach alles, 2. Aufl., VCH, Weinheim, 1996<br>Christen, Meyer: Grundlagen der allgemeinen und anorganischen Chemie, Salle + Sauerländer, Frankfurt, 1997<br>Mortimer: Chemie, 8. Aufl., Thieme, Stuttgart, 2003<br>Riedel: Allgemeine und Anorganische Chemie, de Gruyter, Berlin, 2004 |

## P 5 Anfängerpraktikum Teil A

|  |  |
|--|--|
| Modulbezeichnung:                            | Anfängerpraktikum Teil A   |
| ggf. Kürzel:                                 | A-Praktikum  |
| ggf. Untertitel:                             |  |
| ggf. Lehrveranstaltungen:                    |  |
| Semester:                                    | 1. Semester  |
| Modulverantwortliche:                        | Studiendekan Physik (Prof. Dr. R. Matzdorf)  |
| Dozenten:                                    | Prof. Dr. R. Matzdorf und Dr. U. Kürpick   |
| Sprache:                                     | Deutsch  |
| Zuordnung zum Curriculum:                    | B. Sc. in Physik: Pflichtmodul<br>Lehramt L3 (Physik): Pflichtmodul<br>Berufspädagogik: Pflichtmodul   |
| Lehrform / SWS:                              | Praktikum 3 SWS  |
| Arbeitsaufwand:                              | Präsenzzeit: 3h x 12 = 36h, Selbststudium: 144h, Summe = 180 Stunden   |
| Kreditpunkte:                                | 6 Credits (davon 3 Credits für Schlüsselkompetenzen)   |
| Voraussetzungen:                             | Schulwissen in Mathematik und Physik, Kenntnisse aus Experimentalphysik I  |
| Lernziele / Kompetenzen:                     | Durchführung wissenschaftlicher Experimente erlernen.<br>Protokollierung der Messergebnisse erlernen.<br>Auswertung von Messwerten, Berechnung physikalischer Größen aus den Messwerten und Berechnung des Fehlers für die Messergebnisse erlernen.<br>Kenntnis der Vorgehensweise bei systematischer Planung, Durchführung Protokollierung und Auswertung von physikalischen Messungen. |
| Integrierter Erwerb von Schlüsselkompetenzen | Erlernen des sicheren und kompetenten Umgangs mit physikalischen Messgeräten.<br>Fähigkeit zur Reflexion der Aussagekraft experimenteller Ergebnisse.<br>Teamfähigkeit<br>Erwerb der Fähigkeit zur Dokumentation von Experimenten und deren Ergebnissen.<br>Erlernen der schriftlichen Präsentation eigener Ergebnisse unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten.                         |
| Inhalt:                                      | Einfache Experimente aus Mechanik und Wärmelehre. Dazu gehören beispielsweise:<br>Lineare Schwingungen<br>Fadenpendel<br>Drehpendel/Torsionsmodul<br>Erzwungene Schwingungen<br>Gekoppelte Pendel<br>Temperaturabhängigkeit der spezifischen Wärmekapazität<br>Gasthermometer  |

|                  |   |
|------------------|---|
|                  | Präzisionsmessung der Gaskonstanten R<br>Drosselung realer Gase<br>Messung der Wärmeausdehnung mit Laserinterferometer<br>Zähigkeit von Flüssigkeiten<br>Oberflächenspannung<br>Luftfeuchtigkeit<br>Temperaturmessung |
| Studienleistung  | Durchführung und schriftliche Auswertung von 12 Versuchen, Mündliche Befragung zu jedem Versuch durch Versuchsbetreuer  |
| Prüfungsleistung | Klausur (1–2 Stunden) oder mündliche Prüfung (15–30 min)<br>Art der Prüfung, Prüfungstermin und Dauer der Prüfung wird zu Beginn der Veranstaltung mitgeteilt.  |
| Medienformen:    | Experimentieren unter Anleitung, individuelle Betreuung, schriftliche Versuchsanleitungen   |
| Literatur:       | Walcher, Praktikum der Physik<br>Zusätzliche Literaturangaben werden in den Versuchsanleitungen gegeben.  |

## P 6 Experimentalphysik II

|  |  |
|--|--|
| Modulbezeichnung:                            | Experimentalphysik II  |
| ggf. Kürzel:                                 | Exp. Phys. II  |
| ggf. Untertitel:                             |  |
| ggf. Lehrveranstaltungen:                    | Vorlesung, Übung   |
| Semester:                                    | 2. Semester  |
| Modulverantwortlicher:                       | Studiendekan Physik (Prof. Dr. R. Matzdorf)  |
| Dozent:                                      | Prof. Dr. R. Matzdorf  |
| Sprache:                                     | deutsch  |
| Zuordnung zum Curriculum:                    | B. Sc. in Physik: Pflichtmodul<br>Nanostrukturwissenschaften: Pflichtmodul<br>Lehramt L3 (Physik): Pflichtmodul<br>Berufspädagogik (Physik): Pflichtmodul<br>B. Sc. in Mathematik: Wahlpflichtmodul<br>Informatik: Wahlpflichtmodul  |
| Lehrform / SWS:                              | Vorlesung 5 SWS, Übung 2 SWS   |
| Arbeitsaufwand:                              | Präsenzzeit: 7h x 15 = 105h, Selbststudium: 100h, Summe = 205 Stunden  |
| Kreditpunkte:                                | 7 Credits  |
| Voraussetzungen:                             | Einschreibung in einen der Studiengänge: B.Sc. in Physik, Nanostrukturwissenschaften, Lehramt L3, Berufspädagogik, Mathematik oder Informatik  |
| Lernziele / Kompetenzen:                     | Anschauliche Vorstellung der physikalischen Effekte in Elektrostatik, Elektrodynamik und Optik entwickeln.<br><br>Experimentelle Messmethoden aus diesen Bereichen kennen.<br><br>Mathematische Formulierung der physikalischen Modelle zur Beschreibung der Naturvorgänge kennen und auf einfache Fälle anwenden können.<br><br>Quantitative Vorhersagen für physikalische Vorgänge berechnen können, bei denen der Ansatz für die Rechnung direkt erkennbar ist. |
| Integrierter Erwerb von Schlüsselkompetenzen | Erlernen des eigenständigen Arbeitens mit physikalischen Lehrbüchern.<br><br>Erwerb der Fähigkeit abstrakte Grundprinzipien auf konkrete physikalische Fallbeispiele aus der alltäglichen Umgebung anzuwenden (Grundstein für den Erwerb von Problemlösungskompetenz).<br><br>Training des logischen Denkens   |
| Inhalt:                                      | <b>Elektrostatik</b><br>Ladung, elektrisches Feld, Potential, Influenz, Dielektrika, Kondensatoren,<br><br><b>Elektrodynamik</b><br>elektrischer Strom, Ohmsches Gesetz, Kirchhoffsche Regeln, bewegte   |

|                  |   |
|------------------|---|
|                  | <p>Ladungen, Magnetfelder, Magnetfeld von Strömen, Kräfte auf bewegte Ladungen, Relativitätsprinzip und elektromagnetische Felder, Materie im Magnetfeld, Induktion, Wechselströme, Schwingkreis, Maxwell'sche Gleichungen, Wellen allgemein, elektromagnetische Wellen, Hertz'scher Dipol</p> <p><b>Optik</b></p> <p>Elektromagnetische Wellen in Materie, Polarisation, Reflexion, Brechung, Fresnel'sche Formeln, Kohärenz, Interferenz, Beugung am Spalt, Doppelspalt, Gitter, geometrische Optik, Optische Instrumente</p> |
| Studienleistung  | Erfolgreiche Teilnahme an den Übungen   |
| Prüfungsleistung | <p>Prüfungsleistung: Klausur (2–3 Stunden) oder mündliche Prüfung (30 min)</p> <p>Art der Prüfung, Prüfungstermin und Dauer der Prüfung wird zu Beginn der Veranstaltung mitgeteilt.</p>  |
| Medienformen:    | Live-Experimente, Powerpoint-Präsentation, Tafel, Folienkopien als Skript   |
| Literatur:       | <p>Demtröder, Experimentalphysik II, Springer</p> <p>Tipler, Physik, Spektrum</p> <p>Gerthsen, Physik, Springer</p> <p>Bergmann-Schäfer, Elektromagnetismus, de Gruyter</p>   |



## P 7 Theoretische Mechanik

|  |  |
|--|--|
| Modulbezeichnung:                            | Theoretische Mechanik  |
| ggf. Kürzel:                                 |  |
| ggf. Untertitel:                             |  |
| ggf. Lehrveranstaltungen:                    | Vorlesung, Übung   |
| Semester:                                    | 2. Semester  |
| Modulverantwortlicher:                       | Studiendekan Physik (Prof. Dr. R. Matzdorf)  |
| Dozenten:                                    | Prof. Dr. G. Pastor, Prof. Dr. M. Garcia, Prof. Dr. M. Lein im Wechsel   |
| Sprache:                                     | deutsch  |
| Zuordnung zum Curriculum:                    | B. Sc. in Physik: Pflichtmodul<br>Berufspädagogik (Physik): Pflichtmodul<br>B. Sc. in Mathematik: Wahlpflichtmodul   |
| Lehrform / SWS:                              | Vorlesung 4 SWS, Übung 2 SWS   |
| Arbeitsaufwand:                              | Präsenzzeit: 6h x 15 = 90h, Selbststudium: 90h, Summe = 180 Stunden  |
| Kreditpunkte:                                | 6 Credits  |
| Voraussetzungen:                             | Einschreibung in einen der Studiengänge: B.Sc. in Physik, Berufspädagogik oder Mathematik  |
| Lernziele / Kompetenzen:                     | Beherrschung des Aufbaus der klassischen Mechanik und des Zusammenhanges zwischen den Formulierungen nach Newton, Langrange und Hamilton.<br><br>Kenntnis von Existenz und Nutzen verschiedener Symmetrien und Invarianzen.<br><br>Eigenständige Ableitungen der Lösungen klassischer Bewegungsgleichungen und das Verständnis ihrer Bedeutung für Physik und Astronomie.  |
| Integrierter Erwerb von Schlüsselkompetenzen | Erwerb der Fähigkeit zur Kommunikation über physikalische Fragestellungen auf der Ebene einer abstrakten mathematischen Beschreibung.<br><br>Erwerb der Fähigkeit durch mathematische Schlussfolgerungen innerhalb einer abstrakten mathematischen Beschreibung, die sich einer anschaulichen Vorstellung weitgehend entzieht, Schlussfolgerungen für physikalische Probleme zu ziehen.<br><br>Erwerb der Fähigkeit aus elementaren Grundgleichungen mit abstrakten mathematischen Methoden Gleichungen herzuleiten, die als Basis zur Modellierung und Simulation nutzbar sind. |
| Inhalt:                                      | Wiederholung der Newtonschen Axiome, Bewegungsgleichungen eines Massenpunktes, Begriff der Arbeit – Konservative Kräfte, Zentralkräfte, Kepler–Problem, Diskussion der Bahnformen in Abhängigkeit von Energie und Drehimpuls, Streusysteme, differentieller und totaler Streuquerschnitt, Streuung von Ladungsträgern im Coulombfeld (Rutherford–Streuung), harmonische Schwingungen, der gedämpfte harmonische Oszillator, erzwungene Schwingungen. Nichtlineare  |

|                  |  |
|------------------|--|
|                  | Schwingungen, Phasendiagramme, Bifurkationen und Chaos. Analytische Mechanik, Prinzip von d'Alambert, generalisierte Koordinaten, Hamilton-Prinzip, Lagrange-Gleichungen, Beispiele und Anwendungen. Zwangsbedingungen, Lagrange-Multiplikatoren. Symmetrien und Erhaltungssätze, dynamische Größen eines Systems im Schwerpunkts- und Relativanteil, Hamiltonsche Gleichungen, Phasenraum und Liouvillescher Satz, kanonische Transformation, Bewegungsgleichungen in beliebig gegeneinander bewegten Systemen. Starre Körper. Relativistische Mechanik: Lorentz-Transformation, Längenkontraktion, Zeitdilatation, Zwillingsparadoxon. |
| Studienleistung  | Erfolgreiche Teilnahme an den Übungen,   |
| Prüfungsleistung | Prüfungsleistung: Klausur (2-3 Stunden) oder mündliche Prüfung (30 min)<br><br>Art der Prüfung, Prüfungstermin und Dauer der Prüfung wird zu Beginn der Veranstaltung mitgeteilt.  |
| Medienformen:    | Vorlesung, Tafel, Folien, Beamer   |
| Literatur:       | Landau – Lifschitz, Lehrbuch der Theoretischen Physik Bd. I, Akademie-Verlag, Berlin<br><br>Goldstein, Klassische Mechanik, Aula-Verlag, Wiesbaden<br><br>Nolting, Grundkurs Theoretische Physik, Bd. 1,2, Springer, Berlin<br><br>Joos, Lehrbuch der Theoretischen Physik, Aula-Verlag<br><br>W. Greiner, Theoretische Physik, Mechanik I+II, Verlag Harry Deutsch, Frankfurt (M)   |

**P 8 Modulübergreifende Prüfung „Klassische Experimentalphysik“**

|  |  |
|--|--|
| Modulbezeichnung:                            | Modulübergreifende Prüfung „Klassische Experimentalphysik“   |
| ggf. Kürzel:                                 | Klassische Experimentalphysik  |
| ggf. Untertitel:                             |  |
| ggf. Lehrveranstaltungen:                    |  |
| Semester:                                    | 2. Semester  |
| Modulverantwortliche:                        | Studiendekan Physik (Prof. Dr. R. Matzdorf)  |
| Dozent:                                      | Prof. Dr. R. Matzdorf  |
| Sprache:                                     | deutsch  |
| Zuordnung zum Curriculum:                    | B. Sc. in Physik: Pflichtmodul   |
| Lehrform / SWS:                              | Selbstständiges Lernen aus Büchern und Vorlesungsmitschriften  |
| Arbeitsaufwand:                              | Präsenzzeit: keine, Selbststudium: 120 Stunden   |
| Kreditpunkte:                                | 4 Credits (davon 1 Credit für Schlüsselkompetenzen)  |
| Voraussetzungen:                             | Modul Exp. Phys. I und Modul Exp. Phys. II   |
| Lernziele / Kompetenzen:                     | <p>Erkennen von Gemeinsamkeiten physikalischer Effekte in Mechanik, Wärme, Elektrizität und Optik.</p> <p>Umfassendes Verständnis der physikalischen Modelle zu den o.g. Bereichen.</p> <p>Kenntnis der zu erwartenden physikalischen Abläufe bei Vorgabe eines Experimentes.</p> <p>Kenntnis der grundlegenden physikalischen Gesetzmäßigkeiten und ihre Anwendung auf konkrete physikalische Fragestellungen.</p>                    |
| Integrierter Erwerb von Schlüsselkompetenzen | <p>Erlernen der Fähigkeit das Wissen eigenverantwortlich zu ergänzen und zu vertiefen (Vorbereitung auf lebenslanges Lernen).</p> <p>Erwerb der Fähigkeit sich geeignete Lehrbücher für den selbstständigen übergreifenden Lernprozess zu beschaffen.</p> <p>Erwerb der Fähigkeit sich einen Überblick über innerphysikalische Zusammenhänge im Selbststudium zu erarbeiten.</p> <p>Ausbildung eigener Lern- und Arbeitstechniken.</p> |
| Inhalt:                                      | <p>Mechanik</p> <p>Wärme</p> <p>Elektrostatik</p> <p>Elektrodynamik</p> <p>Optik</p>   |
| Studien-, Prüfungsleistungen:                | Prüfungsleistung: mündliche Prüfung, 30 Minuten  |

|               |   |
|---------------|---|
| Medienformen: | Selbststudium, Lehrbücher, eigene Mitschriften  |
| Literatur:    | Demtröder, Experimentalphysik I, Springer<br>Demtröder, Experimentalphysik II, Springer<br>Tipler, Physik, Spektrum<br>Gerthsen, Physik, Springer<br>Bergmann-Schäfer, Mechanik, Relativität, Wärme, de Gruyter<br>Bergmann-Schäfer, Elektromagnetismus, de Gruyter |

## P 9 Experimentalphysik III

|  |  |
|--|--|
| Modulbezeichnung:                            | Experimentalphysik III   |
| ggf. Kürzel:                                 | Exp. Phys. III   |
| ggf. Untertitel:                             |  |
| ggf. Lehrveranstaltungen:                    | Vorlesung  |
| Semester:                                    | 3. Semester  |
| Modulverantwortliche:                        | Studiendekan (Prof. Dr. R. Matzdorf)   |
| Dozent:                                      | Prof. Dr. F. Träger  |
| Sprache:                                     | deutsch  |
| Zuordnung zum Curriculum:                    | B. Sc. in Physik: Pflichtmodul<br>Lehramt L3 (Physik): Pflichtmodul<br>Lehramt L2 (Physik): Pflichtmodul<br>Berufspädagogik (Physik): Pflichtmodul<br>B. Sc. in Mathematik: Wahlpflichtmodul   |
| Lehrform / SWS:                              | Vorlesung 4 SWS  |
| Arbeitsaufwand:                              | Präsenzzeit: 4h x 15 = 60h, Selbststudium: 60h, Summe = 120 Stunden  |
| Kreditpunkte:                                | 4 Credits  |
| Voraussetzungen:                             | Modul Exp. Phys. I und Modul Exp. Phys. II   |
| Lernziele / Kompetenzen:                     | <p>Grundlegendes Verständnis der Effekte, die durch die Relativitätstheorie beschrieben werden.</p> <p>Kenntnis der richtigen Interpretation der Relativitätstheorie.</p> <p>Kenntnis der klassischen Experimente zur Beobachtung relativistischer Effekte.</p> <p>Fähigkeit mit relativistischen Effekten argumentieren zu können.</p> <p>Erste Grundlagen der Quantenphysik und deren Einfluss auf die Struktur von Atomen und Molekülen.</p> <p>Kenntnis der Struktur von Atomkernen, möglicher Kernreaktionen und den Eigenschaften radioaktiver Strahlung.</p> <p>Kenntnis der physikalischen Grundlagen zum verantwortungsvollem Umgang mit Kernenergie und Strahlenschutz</p> <p>Kenntnis der Grundlagen und experimentellen Methoden in der Elementarteilchenphysik.</p> |
| Integrierter Erwerb von Schlüsselkompetenzen | <p>Gewinnung der inneren Überzeugung, dass Relativitätstheorie und Quantenmechanik die Natur richtig beschreiben, obwohl sie der Alltagerfahrung widersprechen und auf den ersten Blick Widersprüche zu enthalten scheinen.</p> <p>Auseinandersetzung mit philosophischen Fragestellungen über die Abläufe in der Natur, die sich aus Relativitätstheorie und Quantenmechanik ergeben.</p> <p>Auseinandersetzung mit gesellschaftlicher Verantwortung beim Einsatz</p>   |

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
|                                  | von Technologien (Kernenergie).  |
| Inhalt:                          | <p><b>Relativität</b><br/> Relativitätsprinzip und Lichtgeschwindigkeit<br/> Relativistische Kinematik<br/> Relativistische Dynamik</p> <p><b>Quantenphysik</b><br/> Bohrsches Atommodell</p> <p><b>Kernphysik</b><br/> Der Atomkern<br/> Radioaktivität<br/> Wahrscheinlichkeitsrechnung und Kernphysik<br/> Kernreaktionen und Neutronen<br/> Kernenergie<br/> Strahlendosis und Strahlenschutz</p> <p><b>Elementarteilchenphysik</b></p>  |
| Studien-,<br>Prüfungsleistungen: | <p>Prüfungsleistung: Klausur (2–3 Stunden) oder mündliche Prüfung (30 min)</p> <p>Art der Prüfung, Prüfungstermin und Dauer der Prüfung wird zu Beginn der Veranstaltung mitgeteilt.</p>   |
| Medienformen:                    | Vorlesung, Tafel, Folien   |
| Literatur:                       | <p>Ch. Gerthsen, D. Meschede: Physik, Springer</p> <p>P.A. Tipler, G. Mosca: Physik, Spektrum</p> <p>D.C. Giancoli: Physik, Pearson</p> <p>W. Demtröder, Experimentalphysik IV, Kern-, Teilchen- und Astrophysik, Springer</p> <p>H. Haken und H.C. Wolf, Atom- und Quantenphysik, Springer</p> <p>L. Bergmann, C. Schaefer, Experimentalphysik, Bd. 4, Teilchen, W. de Gruyter</p> <p>S. Gasiorowicz: Quantenphysik, Oldenbourg</p> <p>H. Günther: Starthilfe Relativitätstheorie</p> |

## P 10 Theoretische Elektrodynamik

|  |  |
|--|--|
| Modulbezeichnung:                            | Theoretische Elektrodynamik  |
| ggf. Kürzel:                                 | Elektrodynamik   |
| ggf. Untertitel:                             |  |
| ggf. Lehrveranstaltungen:                    | Vorlesung, Übung   |
| Semester:                                    | 3. Semester  |
| Modulverantwortlicher:                       | Studiendekan (Prof. Dr. R. Matzdorf)   |
| Dozenten:                                    | Prof. Dr. G. Pastor, Prof. Dr. M. Garcia, Prof. Dr. M. Lein im Wechsel   |
| Sprache:                                     | deutsch  |
| Zuordnung zum Curriculum:                    | B. Sc. in Physik: Pflichtmodul<br>Lehramt L3 (Physik): Wahlpflichtmodul<br>B. Sc. in Mathematik: Wahlpflichtmodul  |
| Lehrform / SWS:                              | Vorlesung 4 SWS, Übung 2 SWS   |
| Arbeitsaufwand:                              | Präsenzzeit: 6h x 15 = 90h, Selbststudium: 90h, Summe = 180 Stunden  |
| Kreditpunkte:                                | 6 Credits  |
| Voraussetzungen:                             | Einschreibung in einen der Studiengänge: B.Sc. in Physik, Lehramt L3 (Physik) oder B.Sc. in Mathematik   |
| Lernziele / Kompetenzen:                     | Beherrschung der Maxwellgleichungen sowie des Aufbaus der klassischen Elektrodynamik.<br><br>Kenntnisse über Grundzüge der kovarianten Formulierung.<br><br>Fähigkeit, Problemstellungen der Elektrostatik, Magnetostatik und Wellenausbreitung zu lösen sowie Symmetrieeigenschaften zu erkennen und auszunutzen.<br><br>Verständnis des Gedankengebäudes der klassischen Physik bestehend aus Mechanik und Elektrodynamik.   |
| Integrierter Erwerb von Schlüsselkompetenzen | Erwerb der Fähigkeit zur Kommunikation über physikalische Fragestellungen auf der Ebene einer abstrakten mathematischen Beschreibung.<br><br>Erwerb der Fähigkeit durch mathematische Schlussfolgerungen innerhalb einer abstrakten mathematischen Beschreibung, die sich einer anschaulichen Vorstellung weitgehend entzieht, Schlussfolgerungen für physikalische Probleme zu ziehen.<br><br>Erwerb der Fähigkeit aus elementaren Grundgleichungen mit abstrakten mathematischen Methoden Gleichungen herzuleiten, die als Basis zur Modellierung und Simulation nutzbar sind. |
| Inhalt:                                      | <b>Elektrostatik</b><br><br>Das Coulombsche Gesetz, die elektrische Feldstärke E, Bestimmung der Elementarladung, Gaußsches Gesetz, die elektrische Feldstärke beim Durchgang durch geladene Flächen, das Verhalten der Tangentialkomponente, der Plattenkondensator, die Energie im   |

|                  |   |
|------------------|---|
|                  | <p>elektrostatischen Feld, Potentialverteilung im Atomkern, Greensche Funktion, Multipolentwicklung für eine allgemeine Ladungsverteilung, Wechselwirkung einer ausgedehnten Ladung mit einem äußeren Feld, Wechselwirkung zweier Dipol,</p> <p><b>Mikroskopische Elektrostatik</b></p> <p>Die Polarisierung <math>P(x)</math>, die Grundgleichungen für Dielektrika, Entelektrisierung, Zusammenhang zwischen der molekularen Polarisierbarkeit und der dielektrischen Suszeptibilität,</p> <p><b>Magnetostatik</b></p> <p>Biot-Savartsches Gesetz, Amperesches Kraftgesetz, Amperesches Gesetz; Differentialgleichungen der Magnetostatik, das Vektorpotential <math>A</math>, Bewegung geladener Teilchen im Magnetfeld, das magnetische Feld im materiefüllten Raum,</p> <p><b>Elektrodynamik</b></p> <p>Das Faradaysche Induktionsgesetz, die Maxwellgleichungen, elektromagnetische Wellen im Vakuum, Lösung der Wellengleichung, der Energiesatz der Elektrodynamik – der Poyntingvektor, elektromagnetische Wellen in Materie, Reflexions- und Brechungsindex, Relativitätstheorie und kovariante Formulierung der Elektrodynamik, Hohlleiter, die Wellengleichungen, Verschiedene Schreibweisen der Maxwell-Gleichungen, der Energie-Impuls-Tensor, Frequenzabhängigkeit der Leitfähigkeit, Bemerkungen zur Eichtransformation in der Elektrodynamik</p> |
| Studienleistung  | Erfolgreiche Teilnahme an den Übungen,  |
| Prüfungsleistung | <p>Prüfungsleistung: Klausur (2–3 Stunden) oder mündliche Prüfung (30 min)</p> <p>Art der Prüfung, Prüfungstermin und Dauer der Prüfung wird zu Beginn der Veranstaltung mitgeteilt.</p>  |
| Medienformen:    | Vorlesung, Tafel, Folien, Beamer  |
| Literatur:       | <p>Jackson, Klassische Elektrodynamik, de Gruyter</p> <p>Landau und Lifschitz, Lehrbuch der theoretischen Physik, Bd. 2,8, Harri Deutsch</p> <p>Nolting, Grundkurs Theoretische Physik, Bd. 3, Springer, Berlin</p>   |



## P 11 Lineare Algebra I

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Modulbezeichnung:             | Lineare Algebra I  |
| ggf. Kürzel:                  |  |
| ggf. Untertitel:              |  |
| ggf. Lehrveranstaltungen:     | Vorlesung, Übung „Algorithmische Lineare Algebra I“  |
| Semester:                     | 3. Semester  |
| Modulverantwortliche:         | Studiendekan der Mathematik  |
| Dozent:                       | Prof . Dr. W. Koepf  |
| Sprache:                      | deutsch  |
| Zuordnung zum Curriculum:     | B. Sc. in Physik: Pflichtmodul   |
| Lehrform / SWS:               | Vorlesung 4 SWS, Übung 2 SWS   |
| Arbeitsaufwand:               | Präsenzzeit: 6h x 15 = 90h, Selbststudium: 180h, Summe = 270 Stunden   |
| Kreditpunkte:                 | 9 Credits  |
| Voraussetzungen:              |  |
| Lernziele / Kompetenzen:      | <p>Problemlösekompetenz und Überblickswissen in Grundlagen und algorithmischer Umsetzung der Linearen Algebra.</p> <p>Verstehen und Formulieren einfacher Beweise.</p> <p>Selbstständiges Erarbeiten (einfacher) unbekannter mathematischer Sachverhalte und Algorithmen.</p> <p>Fähigkeit, geeignete Software (Computeralgebrasysteme, Programmiersprachen) bei der Lösung komplexerer Aufgaben aus dem Bereich Lineare Algebra anzuwenden.</p>   |
| Inhalt:                       | <p>Lineare Gleichungssysteme (u.a. Gaußscher Algorithmus)</p> <p>Gruppen, Ringe, Körper (inkl. erste Algorithmen in diesen Strukturen)</p> <p>Vektorräume (u.a. Basis, Dimension, lineare Unabhängigkeit)</p> <p>Lineare Abbildungen (u.a. Zusammenhang mit Matrizen und linearen Gleichungssystemen, Algorithmen zur Berechnung ihrer Invarianten)</p> <p>Determinanten (axiomatischer und algorithmischer Zugang)</p> <p>Eigenwerte und Eigenvektoren, Diagonalisierung von linearen Abbildungen</p> |
| Studien-, Prüfungsleistungen: | Regelmäßige Bearbeitung von Übungsaufgaben<br>Modulprüfung (Klausur oder mündliche Prüfung)  |
| Medienformen:                 | Vorlesung, Tafel, Folien   |
| Literatur:                    | G. Fischer: Lineare Algebra, Vieweg Verlag,<br>F. Lorenz: Lineare Algebra I, II, B.I.-Wissenschaftsverlag  |

## P 12 Anfängerpraktikum Teil B

|  |  |
|--|--|
| Modulbezeichnung:                            | Anfängerpraktikum Teil B   |
| ggf. Kürzel:                                 | B-Praktikum  |
| ggf. Untertitel:                             |  |
| ggf. Lehrveranstaltungen:                    |  |
| Semester:                                    | 3. Semester  |
| Modulverantwortliche:                        | Studiendekan (Prof. Dr. R. Matzdorf)   |
| Dozenten:                                    | Prof. Dr. R. Matzdorf und Dr. U. Kürpick   |
| Sprache:                                     | Deutsch  |
| Zuordnung zum Curriculum:                    | B. Sc. in Physik: Pflichtmodul<br>Lehramt L3 (Physik): Pflichtmodul<br>Berufspädagogik: Pflichtmodul   |
| Lehrform / SWS:                              | Praktikum 3 SWS  |
| Arbeitsaufwand:                              | Präsenzzeit: 3h x 12 = 36h, Selbststudium: 144h, Summe = 180 Stunden   |
| Kreditpunkte:                                | 6 Credits (davon 3 Credits für Schlüsselkompetenzen)   |
| Voraussetzungen:                             | Modul Exp. Phys. II  |
| Lernziele / Kompetenzen:                     | Durchführung wissenschaftlicher Experimente zu den Themen Elektrizität, Magnetismus und Optik erlernen.<br>Protokollierung der Messergebnisse erlernen.<br>Auswertung von Messwerten, Berechnung physikalischer Größen aus den Messwerten und Berechnung des Fehlers für die Messergebnisse erlernen.<br>Kenntnis der Vorgehensweise bei systematischer Planung, Durchführung Protokollierung und Auswertung von physikalischen Messungen. |
| Integrierter Erwerb von Schlüsselkompetenzen | Erlernen des sicheren und kompetenten Umgangs mit physikalischen Messgeräten.<br>Fähigkeit zur Reflexion der Aussagekraft experimenteller Ergebnisse.<br>Teamfähigkeit<br>Erwerb der Fähigkeit zur Dokumentation von Experimenten und deren Ergebnissen.<br>Erlernen der schriftlichen Präsentation eigener Ergebnisse unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten.   |
| Inhalt:                                      | Einfache Experimente aus Mechanik und Wärmelehre. Dazu gehören beispielsweise:<br>Elektrischer Widerstand<br>Kennlinien von Leitern<br>Stromquellen<br>Kompensationsschaltung<br>Galvanometer<br>Stromsteuerung<br>Elektrolyse   |

|                  |   |
|------------------|---|
|                  | <p>Elektrische Felder<br/> Magnetische Felder<br/> Magnetische Hysterese<br/> Wechselströme<br/> Dünne Linsen<br/> Mikroskop<br/> Prismenspektralapparat<br/> Gitterspektralapparat<br/> Saccharimetrie</p> |
| Studienleistung  | Durchführung und schriftliche Auswertung von 12 Versuchen, Mündliche Befragung zu jedem Versuch durch Versuchsbetreuer  |
| Prüfungsleistung | <p>Prüfungsleistung: Klausur (1–2 Stunden) oder mündliche Prüfung (15–30 min)</p> <p>Art der Prüfung, Prüfungstermin und Dauer der Prüfung wird zu Beginn der Veranstaltung mitgeteilt.</p>                 |
| Medienformen:    | Experimentieren unter Anleitung, schriftliche Versuchsanleitungen   |
| Literatur:       | <p>Walcher, Praktikum der Physik</p> <p>Zusätzliche Literaturangaben werden in den Versuchsanleitungen gegeben.</p>   |

**P 13 Modulübergreifende Prüfung „Theorie klassischer Teilchen und Felder“**

|  |   |
|--|---|
| Modulbezeichnung:                            | Modulübergreifende Prüfung „Theorie klassischer Teilchen und Felder“  |
| ggf. Kürzel:                                 |   |
| ggf. Untertitel:                             |   |
| ggf. Lehrveranstaltungen:                    |   |
| Semester:                                    | 3. Semester   |
| Modulverantwortliche:                        | Studiendekan (Prof. Dr. R. Matzdorf)  |
| Dozenten:                                    | Prof. Dr. G. Pastor, Prof. Dr. M. Garcia, Prof. Dr. M. Lein   |
| Sprache:                                     | deutsch   |
| Zuordnung zum Curriculum:                    | B. Sc. in Physik: Pflichtmodul  |
| Lehrform / SWS:                              | Selbstständiges Lernen aus Büchern und Vorlesungsmitschriften   |
| Arbeitsaufwand:                              | Präsenzzeit: keine, Selbststudium: 120 Stunden  |
| Kreditpunkte:                                | 4 Credits (davon 1 Credit für Schlüsselkompetenzen)   |
| Voraussetzungen:                             | Modul Rechenmethoden, Modul Theoretische Mechanik, Modul Theoretische Elektrodynamik, Modul Exp. Phys. I und Modul Exp. Phys. II  |
| Lernziele / Kompetenzen:                     | Erkennen von Gemeinsamkeiten und Unterschieden in der Behandlung der Themen der klassischen Physik aus Sicht der Experimentalphysik und der theoretischen Physik<br><br>Kenntnis der physikalischen Modelle aus der klassischen Physik  |
| Integrierter Erwerb von Schlüsselkompetenzen | Erlernen der Fähigkeit das Wissen eigenverantwortlich zu ergänzen und zu vertiefen (Vorbereitung auf lebenslanges Lernen).<br><br>Erwerb der Fähigkeit sich geeignete Lehrbücher für den selbstständigen übergreifenden Lernprozess zu beschaffen.<br><br>Erwerb der Fähigkeit sich einen Überblick über innerphysikalische Zusammenhänge im Selbststudium zu erarbeiten.<br><br>Ausbildung eigener Lern- und Arbeitstechniken. |
| Inhalt:                                      | Themen die in den Modulen Rechenmethoden, Theoretische Mechanik und Elektrodynamik behandelt wurden   |
| Studien-, Prüfungsleistungen:                | Prüfungsleistung: mündliche Prüfung, 30 Minuten   |
| Medienformen:                                | Selbststudium   |
| Literatur:                                   | Landau – Lifschitz, Lehrbuch der Theoretischen Physik Bd. I, Akademie-Verlag, Berlin<br><br>Goldstein, Klassische Mechanik, Aula-Verlag, Wiesbaden<br><br>Nolting, Grundkurs Theoretische Physik, Bd. 1,2, Springer, Berlin<br><br>Joos, Lehrbuch der Theoretischen Physik, Aula-Verlag<br><br>W. Greiner, Theoretische Physik, Mechanik I+II, Verlag Harry Deutsch,  |

|  |  |
|--|--|
|  | Frankfurt (M)<br>Jackson, Klassische Elektrodynamik, de Gruyter<br>Landau und Lifschitz, Lehrbuch der theoretischen Physik, Bd. 2,8, Harri<br>Deutsch<br>Nolting, Grundkurs Theoretische Physik, Bd. 3, Springer, Berlin |
|--|--|

## P 14 Experimentalphysik IV

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Modulbezeichnung:             | Experimentalphysik IV   |
| ggf. Kürzel:                  | Exp. Phys. IV   |
| ggf. Untertitel:              |   |
| ggf. Lehrveranstaltungen:     |   |
| Semester:                     | 4. Semester   |
| Modulverantwortliche:         | Studiendekan (Prof. Dr. R. Matzdorf)  |
| Dozent:                       | Prof. Dr. A. Ehresmann  |
| Sprache:                      | deutsch   |
| Zuordnung zum Curriculum:     | B. Sc. in Physik: Pflichtmodul<br>Lehramt L3 (Physik): Pflichtmodul<br>Lehramt L2 (Physik): Wahlpflichtmodul<br>Berufspädagogik: Wahlpflichtmodul   |
| Lehrform / SWS:               | Vorlesung 4 SWS   |
| Arbeitsaufwand:               | Präsenzzeit: 4h x 15 = 60h, Selbststudium: 60h, Summe = 120 Stunden   |
| Kreditpunkte:                 | 4 Credits   |
| Voraussetzungen:              | Modul Exp. Phys. I und Modul Exp. Phys. II  |
| Lernziele / Kompetenzen:      | <p>Grundlegendes Verständnis der Quantenphysik und deren dominierendem Einfluss auf die Struktur von Atomen und Molekülen.</p> <p>Kenntnis von Quantenphysikalischen Effekten in Nanostrukturen.</p> <p>Kenntnis der experimentellen Methoden in der Atom- und Molekülphysik.</p> <p>Fähigkeit mit quantenphysikalischen Effekten argumentieren zu können.</p> <p>Fähigkeit die Größenordnung in der Energie verschiedener Effekte abschätzen zu können.</p> <p>Fähigkeit Experimente zur Messung quantenphysikalischer Effekte erklären zu können.</p> |
| Inhalt:                       | <p>Quantennatur des Lichtes</p> <p>Elemente der Quantenmechanik</p> <p>Elektronen in Nanostrukturen</p> <p>Atombau</p> <p>Ein-Elektron-Systeme</p> <p>Atome mit mehreren e-</p> <p>Optische Spektren</p> <p>Laser</p> <p>Moleküle</p>   |
| Studien-, Prüfungsleistungen: | <p>Prüfungsleistung: Klausur (2–3 Stunden) oder mündliche Prüfung (30 min)</p> <p>Art der Prüfung, Prüfungstermin und Dauer der Prüfung wird zu Beginn der Veranstaltung mitgeteilt.</p>  |

|               |  |
|---------------|--|
| Medienformen: | Vorlesung, Tafel, Folien   |
| Literatur:    | <p>Haken/Wolf: Atomphysik (Springer 2000)</p> <p>Mayer-Kuckuk: Atomphysik (Teubner 1997)</p> <p>Condon-Shortley: The Theory of Atomic Spectra (Cambridge Univ. Press 1991)</p> <p>M. Weissbluth: Atoms and Molecules (Academic Press 1980)</p> <p>Sobel'man: Introduction to the Theory of Atomic Spectra (Pergamon Press 1972)</p> <p>W. Demtröder: Laser Spectroscopy (Springer 1998), Einführung in die Physik Band 3 (neueste Auflage, Springer), Molekülphysik (Oldenbourg 2003)</p> <p>A. Corney: Atomic and Laser Spectroscopy (Clarendon Press Oxford 1988)</p> <p>G. Herzberg: Molecular Spectra and Molecular Structure; van Nostrand (1950)</p> <p>Haken/Wolf: Molekülphysik und Quantenchemie (Springer 1998, 3. Auflage)</p> <p>F. Engelke: Aufbau der Moleküle (Teubner 1996, 3. Auflage)</p> <p>Demtröder: Experimentalphysik III (Springer 2000, 2. Auflage) und ganz neu Molekülphysik (Oldenbourg 2003, 1. Auflage)</p> <p>Bergmann/ Schäfer: Aufbau der Materie Band IV (de Gruyter neueste Auflage)</p> <p>Banwell/McCash: Molekülspektroskopie, ein Grundkurs (Oldenbourg 1999)</p> <p>J. Steinfeld: Molecules and Radiation (MIT Press 1993)</p> <p>Lefebvre-Brion/ Field: Perturbations in the Spectra of Diatomic Molecules (Academic Press 1986)</p> <p>G. King: Spectroscopy and Molecular Structure (Holt, Rinehart and Winston 1964)</p> |

## P 15 Theoretische Quantenmechanik

|  |   |
|--|---|
| Modulbezeichnung:                            | Theoretische Quantenmechanik  |
| ggf. Kürzel:                                 | Quantenmechanik   |
| ggf. Untertitel:                             |   |
| ggf. Lehrveranstaltungen:                    | Vorlesung, Übung  |
| Semester:                                    | 5. Semester   |
| Modulverantwortlicher:                       | Studiendekan (Prof. Dr. R. Matzdorf)  |
| Dozenten:                                    | Prof. Dr. G. Pastor, Prof. Dr. M. Garcia, Prof. Dr. M. Lein im Wechsel  |
| Sprache:                                     | deutsch   |
| Zuordnung zum Curriculum:                    | B. Sc. in Physik: Pflichtmodul  |
| Lehrform / SWS:                              | Vorlesung 4 SWS, Übung 2 SWS  |
| Arbeitsaufwand:                              | Präsenzzeit: 6h x 15 = 90h, Selbststudium: 90h, Summe = 180 Stunden   |
| Kreditpunkte:                                | 6 Credits   |
| Voraussetzungen:                             | Modul Theoretische Mechanik   |
| Lernziele / Kompetenzen:                     | <p>Einsicht in den Welle-Teilchen-Dualismus und in die Unterschiede zwischen klassischer und quantisierter Mechanik.</p> <p>Beherrschung des mathematischen Formalismus zur Beschreibung statischer und zeitabhängiger quantenmechanischer Phänomene.</p> <p>Wissen über typische Beispielanwendungen der Quantenmechanik und die wichtigsten Näherungsmethoden.</p>  |
| Integrierter Erwerb von Schlüsselkompetenzen | <p>Entwicklung einer sicheren Vorstellung über Struktur und Funktion der mikroskopischen Welt.</p> <p>Auseinandersetzung mit philosophischen Fragestellungen im Zusammenhang mit der Quantenmechanik.</p>   |
| Inhalt:                                      | <p><b>Der Weg zur Quantenmechanik</b><br/> Das Versagen der klassischen Physik, Die De Brogliesche Beziehung, Heisenbergsche Unschärferelation</p> <p><b>Die Schrödingergleichung</b><br/> Die Schrödingersche Wellengleichung, Quantenmechanische Wahrscheinlichkeitsstromdichte, die Behandlung einfacher rechteckiger Potentiale, der quantenmechanische harmonische Oszillator</p> <p><b>Grundlagen des Formalismus</b><br/> Erwartungswerte und Operatoren; Hilbertraum; Operator-konzept der QM, Eigenfunktionen und Eigenwerte von Operatoren, Zeitliche Entwicklung der Erwartungswerte, Darstellungstheorie</p> <p><b>Drehimpulse und das Ein-Elektronen- (Zentralkraft-) Problem</b><br/> Der Bahndrehimpulsoperator, Lösung der Eigenwertgleichung für den</p> |



|                  |   |
|------------------|---|
|                  | <p>Drehimpulsoperator, das atomare Einteilchenproblem, Spin, Addition von Drehimpulsen</p> <p><b>Näherungsverfahren</b></p> <p>Zeitunabhängige Störungsrechnung, Störungsrechnung für entartete Zustände, Grundzüge der zeitabhängigen Störungsrechnung, Berechnung von Übergangswahrscheinlichkeiten (Fermis Goldene Regel), Variationsmethode, quasiklassische Näherung</p> |
| Studienleistung  | Erfolgreiche Teilnahme an den Übungen,  |
| Prüfungsleistung | <p>Prüfungsleistung: Klausur (2–3 Stunden) oder mündliche Prüfung (30 min)</p> <p>Art der Prüfung, Prüfungstermin und Dauer der Prüfung wird zu Beginn der Veranstaltung mitgeteilt.</p>  |
| Medienformen:    | Vorlesung, Tafel, Folien, Beamer  |
| Literatur:       | <p>Messiah, Quantenmechanik I und II, de Gruyter-Verlag</p> <p>Schwabl, Quantenmechanik</p>   |

## P 16 Anfängerpraktikum Teil C

|  |  |
|--|--|
| Modulbezeichnung:                            | Anfängerpraktikum Teil C   |
| ggf. Kürzel:                                 | C-Praktikum  |
| ggf. Untertitel:                             |  |
| ggf. Lehrveranstaltungen:                    |  |
| Semester:                                    | 4. Semester  |
| Modulverantwortliche:                        | Studiendekan (Prof. Dr. R. Matzdorf)   |
| Dozenten:                                    | Prof. Dr. R. Matzdorf, Dr. U. Kürpick  |
| Sprache:                                     | Deutsch  |
| Zuordnung zum Curriculum:                    | B. Sc. in Physik: Pflichtmodul<br>Lehramt L3 (Physik): Wahlpflichtmodul  |
| Lehrform / SWS:                              | Praktikum 3 SWS  |
| Arbeitsaufwand:                              | Präsenzzeit: 3h x 12 = 36h, Selbststudium: 144h, Summe = 180 Stunden   |
| Kreditpunkte:                                | 6 Credits (davon 3 Credits für Schlüsselkompetenzen)   |
| Voraussetzungen:                             | Modul Klassische Experimentalphysik, Modul A-Praktikum und Modul B-Praktikum   |
| Lernziele / Kompetenzen:                     | Durchführung wissenschaftlicher Experimente zu den Themen Elektrizität, Magnetismus und Optik erlernen.<br>Protokollierung der Messergebnisse erlernen.<br>Auswertung von Messwerten, Berechnung physikalischer Größen aus den Messwerten und Berechnung des Fehlers für die Messergebnisse erlernen.<br>Kenntnis der Vorgehensweise bei systematischer Planung, Durchführung Protokollierung und Auswertung von physikalischen Messungen. |
| Integrierter Erwerb von Schlüsselkompetenzen | Erlernen des sicheren und kompetenten Umgangs mit physikalischen Messgeräten.<br>Fähigkeit zur Reflexion der Aussagekraft experimenteller Ergebnisse.<br>Teamfähigkeit<br>Erwerb der Fähigkeit zur Dokumentation von Experimenten und deren Ergebnissen.<br>Erlernen der schriftlichen Präsentation eigener Ergebnisse unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten.   |
| Inhalt:                                      | Anspruchsvollere Versuche aus Mechanik, Elektrizität und Optik, sowie Versuche zur Atom- und Kernphysik. Dazu gehören beispielsweise:<br>Elastizitätsmodul<br>Kreisel<br>Wärmeleitfähigkeit nach Angström<br>Paramagnetismus<br>Brechungsindex von Gasen<br>Beugung<br>Reflexion und Polarisation (Fresnelsche Formeln)  |

|                  |  |
|------------------|--|
|                  | Elementarladung nach Millikan<br>e/m nach Busch<br>Franck-Hertz Versuch<br>Kernstrahlung   |
| Studienleistung  | Durchführung und schriftliche Auswertung von 12 Versuchen,<br>Mündliche Befragung zu jedem Versuch durch Versuchsbetreuer  |
| Prüfungsleistung | Prüfungsleistung: Klausur (1–2 Stunden) oder mündliche Prüfung (15–30 min)<br><br>Art der Prüfung, Prüfungstermin und Dauer der Prüfung wird zu Beginn der Veranstaltung mitgeteilt. |
| Medienformen:    | Experimentieren unter Anleitung, schriftliche Versuchsanleitungen  |
| Literatur:       | Walcher, Praktikum der Physik<br><br>Zusätzliche Literaturangaben werden in den Versuchsanleitungen gegeben.   |

## P 17 Vertiefung Analysis

|  |  |
|--|--|
| Modulbezeichnung:                            | Vertiefung Analysis  |
| ggf. Kürzel:                                 |  |
| ggf. Untertitel:                             |  |
| ggf. Lehrveranstaltungen:                    | Vorlesung und Übung  |
| Semester:                                    | Ab 3. Semester   |
| Modulverantwortliche:                        | Studiendekan der Mathematik  |
| Dozent:                                      | Dozenten der Mathematik je nach Veranstaltung  |
| Sprache:                                     | deutsch  |
| Zuordnung zum Curriculum:                    | Pflichtmodul   |
| Lehrform / SWS:                              | Vorlesung 2 SWS, Übung 1 SWS   |
| Arbeitsaufwand:                              | Präsenzzeit: 45h, Selbststudium: 105h, Summe = 150 Stunden   |
| Kreditpunkte:                                | 5 Credits  |
| Voraussetzungen:                             | Grundlagen der Analysis  |
| Lernziele / Kompetenzen, Inhalt:             | Für das Modul Analysis kommen insbesondere Lehrveranstaltungen zur Funktionalanalysis, »Analysis und Modellierung« (mit gewöhnlichen und partiellen Differentialgleichungen) und Funktionentheorie in Betracht. Diese bieten die Gelegenheit sich grundsätzlich und systematisch mit Abstraktion, Modellbildung und formalen Techniken zu befassen. Dabei soll der Erkenntniswert abstrakten Denkens demonstriert und die Nützlichkeit theoretischer Modelle zur Behandlung konkreter Probleme aufgezeigt und die dazu nötigen Fähigkeiten vermittelt werden. Welche der jeweils aktuellen Lehrveranstaltungen diesem Modul zugeordnet sind, wird zusammen mit einer detaillierten Inhaltsbeschreibung im Vorlesungsverzeichnis ausgewiesen. |
| Integrierter Erwerb von Schlüsselkompetenzen | Fähigkeit zum logischen Denken und Argumentieren<br>Durchhaltevermögen   |
| Studien-, Prüfungsleistungen:                | Regelmäßige Bearbeitung von Übungsaufgaben; (der Dozent kann für einzelne Lehrveranstaltungen zusätzliche Kriterien festlegen, wie z.B. Klausuren)<br>Klausur oder mündliche Prüfung   |
| Medienformen:                                | Vorlesung, Tafel, Folien   |
| Literatur:                                   | Wird in der Vorlesung bekannt gegeben  |

## P 18 Experimentalphysik V

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Modulbezeichnung:             | Experimentalphysik V   |
| ggf. Kürzel:                  | Exp. Phys. V   |
| ggf. Untertitel:              |  |
| ggf. Lehrveranstaltungen:     |  |
| Semester:                     | 5. Semester  |
| Modulverantwortliche:         | Studiendekan (Prof. Dr. R. Matzdorf)   |
| Dozent:                       | Prof. Dr. Th. Baumert  |
| Sprache:                      | deutsch  |
| Zuordnung zum Curriculum:     | B. Sc. in Physik: Pflichtmodul<br>Nanostrukturwissenschaften: Pflichtmodul<br>Lehramt L3 (Physik): Wahlpflichtmodul<br>Lehramt L2 (Physik): Wahlpflichtmodul   |
| Lehrform / SWS:               | Vorlesung 4 SWS  |
| Arbeitsaufwand:               | Präsenzzeit: 4h x 15 = 60h, Selbststudium: 60h, Summe = 120 Stunden  |
| Kreditpunkte:                 | 4 Credits  |
| Voraussetzungen:              | Modul Exp. Phys. I, Modul Exp. Phys. II, Modul Exp. Phys. III  |
| Lernziele / Kompetenzen:      | Verständnis der grundlegenden Modelle der Festkörperphysik<br>Kenntnis der grundlegenden experimentellen Methoden in der Festkörperphysik  |
| Inhalt:                       | Aufbau der Materie<br>Kristallstrukturen<br>Strukturbestimmung<br>Gitterfehler<br>Gitterschwingungen<br>Freie Elektronen im Festkörper<br>Elektrische Leitfähigkeit und Bändertheorie<br>Halbleiter<br>Optische (dielektrische) Eigenschaften der Festkörper |
| Studien-, Prüfungsleistungen: | Prüfungsleistung: Klausur (1–2 Stunden) oder mündliche Prüfung (30 min)<br><br>Art der Prüfung, Prüfungstermin und Dauer der Prüfung wird zu Beginn der Veranstaltung mitgeteilt.  |
| Medienformen:                 | Vorlesung, Tafel, Folien   |
| Literatur:                    | Kittel „Einführung in die Festkörperphysik“<br>Ibach–Lüth „Festkörperphysik“<br>Blakemore „Solid state physics“<br>Ashcroft–Mermin “Solid state physics”   |

## P 19 Thermodynamik und Statistische Physik

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Modulbezeichnung:         | Thermodynamik und Statistische Physik  |
| ggf. Kürzel:              | Thermodynamik  |
| ggf. Untertitel:          |  |
| ggf. Lehrveranstaltungen: | Vorlesung, Übung   |
| Semester:                 | 5. Semester  |
| Modulverantwortlicher:    | Studiendekan (Prof. Dr. R. Matzdorf)   |
| Dozenten:                 | Prof. Dr. G. Pastor, Prof. Dr. M. Garcia, Prof. Dr. M. Lein im Wechsel   |
| Sprache:                  | deutsch  |
| Zuordnung zum Curriculum: | B. Sc. in Physik: Pflichtmodul<br>Lehramt L3 (Physik): Wahlpflichtmodul  |
| Lehrform / SWS:           | Vorlesung 4 SWS, Übung 2 SWS   |
| Arbeitsaufwand:           | Präsenzzeit: 6h x 15 = 90h, Selbststudium: 90h, Summe = 180 Stunden  |
| Kreditpunkte:             | 6 Credits  |
| Voraussetzungen:          | Modul Theoretische Mechanik und Modul Theoretische Elektrodynamik  |
| Lernziele / Kompetenzen:  | Beherrschung der Hauptsätze der Thermodynamik sowie der Begriffe von Entropie und geeignete thermodynamische Funktionen.<br><br>Kenntnisse und Anwendung der Stabilitätskriterien. Einsicht in die statistische Formulierung der Thermodynamik.<br><br>Verständnis der Verbindung zwischen mikroskopischen und makroskopischen Phänomenen. Fähigkeit, "thermodynamisch" zu denken, um komplizierte Probleme der Statistische Mechanik zu lösen.  |
| Inhalt:                   | <p><b>Einführung</b><br/>Makroskopische Analyse. Einfache Begriffe, Hauptsätze. Zustandsgleichungen Thermodynamische Funktionen, Legendre-Transformationen, Maxwell-Relationen, Jakobi-Transformationen, wichtige Prozesse.</p> <p><b>Grundlagen der Thermodynamik</b><br/>Statistische Mechanik. Mikroskopische Analyse. Statistische Formulierung. Fundamentale Annahme der SM. Das H-Theorem. Mikrokanonische, kanonische und großkanonische Gesamtheit. Verteilungsfunktionen. Zustandssumme. Entropie. Dichte-Matrix. Statistik für identische Teilchen, Zustandsgleichungen für Boltzmann-, Fermi- und Bosegas</p> <p><b>Gleichgewichtsbedingungen</b><br/>Ungleichungen der Thermodynamik. Le-Chatelier-Prinzip. Stabilität</p> <p><b>Gleichgewicht zwischen Phasen. Phasenübergänge</b><br/>Phasendiagramme. Einfache Theorie. Phasenübergänge. Phasendiagramm eines van-der-Waals-Systems. Clausius-Clapeyron-Gleichung. Bose-Einstein-Kondensation. Magnetismus. Kritische Temperatur. Curie-Weiß-</p> |

|                  |   |
|------------------|---|
|                  | <p>Gesetz. Die Ginzburg–Landau–Theorie. Kritische Exponenten. Proteinfaltung.</p> <p><b>Anwendungen</b><br/>Lösungen, chemische Reaktionen</p> <p><b>Fluktuationen</b><br/>Allgemeine Theorie. Fluktuationen thermodynamischer Größen. Fluktuations–Dissipations–Theorem. Poisson–Formel. Fluktuationen in Lösungen. Brownsche Bewegung.</p> <p><b>Irreversible Thermodynamik</b><br/>Onsager–Theorie. Bildung dissipativer Strukturen.</p> |
| Studienleistung  | Erfolgreiche Teilnahme an den Übungen   |
| Prüfungsleistung | <p>Prüfungsleistung: Klausur (2–3 Stunden) oder mündliche Prüfung (30 min)</p> <p>Art der Prüfung, Prüfungstermin und Dauer der Prüfung wird zu Beginn der Veranstaltung mitgeteilt.</p>  |
| Medienformen:    | Vorlesung, Tafel, Folien, Beamer  |
| Literatur:       | <p>R. Kubo, Thermodynamics (Elsevier)</p> <p>R. Kubo, Statistical Mechanics (North Holland)</p> <p>Callen, Thermodynamics</p> <p>F. Schwabl, Statistische Mechanik (Springer–Verlag)</p> <p>F. Reif, Theorie der Wärme (Mc Graw–Hill)</p> <p>K. Huang, Statistical Mechanics (John–Wiley)</p> <p>Landau–Lifshitz, Statistical Physics (Pergamon)</p> <p>Nolting, Statistische Mechanik</p> <p>Greiner, Thermodynamik</p>                    |

## P 20 Fortgeschrittenenpraktikum BA

|  |   |
|--|---|
| Modulbezeichnung:                            | Fortgeschrittenenpraktikum BA   |
| ggf. Kürzel:                                 | FP-BA   |
| ggf. Untertitel:                             |   |
| ggf. Lehrveranstaltungen:                    |   |
| Semester:                                    | 5. und 6. Semester  |
| Modulverantwortliche:                        | Studiendekan (Prof. Dr. R. Matzdorf)  |
| Dozenten:                                    | Prof. Dr. F. Träger   |
| Sprache:                                     | Deutsch   |
| Zuordnung zum Curriculum:                    | B. Sc. in Physik: Pflichtmodul  |
| Lehrform / SWS:                              | Praktikum 6 SWS   |
| Arbeitsaufwand:                              | Präsenzzeit: 8h x 12 = 96h, Selbststudium: 22h x 12 = 264h, Summe = 360 Stunden   |
| Kreditpunkte:                                | 12 Credits (davon 6 Credits für Schlüsselkompetenzen)   |
| Voraussetzungen:                             | Modul Klassische Experimentalphysik, Modul A-Praktikum, Modul B-Praktikum und Modul C-Praktikum   |
| Lernziele / Kompetenzen:                     | <p>Durchführung anspruchsvoller wissenschaftlicher Experimente zu fortgeschrittenen physikalischen Themen</p> <p>Auswertung von Messwerten, Berechnung physikalischer Größen aus den Messwerten und Berechnung des Fehlers für die Messergebnisse.</p> <p>Kenntnis der Vorgehensweise bei systematischer Planung, Durchführung Protokollierung und Auswertung von physikalischen Messungen.</p>   |
| Integrierter Erwerb von Schlüsselkompetenzen | <p>Vertiefung der Fähigkeit zur selbstständigen Einarbeitung in kompliziertere physikalische Sachverhalte in Hinblick auf die praktische Anwendung in einem Experiment.</p> <p>Erlernen des sicheren und kompetenten Arbeitens im physikalischen Labor.</p> <p>Teamfähigkeit</p> <p>Einblick in die Arbeitsweise eines experimentell arbeitenden Physikers (nicht selbstständig forschend).</p> <p>Vertiefung der Fähigkeit zur Dokumentation von komplizierteren Experimenten und deren Ergebnissen.</p> <p>Vertiefung der Fähigkeit zur schriftlichen Präsentation eigener experimenteller Ergebnisse unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten.</p> |
| Inhalt:                                      | <p>Rutherford-Streuung</p> <p>Elektronenspinresonanz</p> <p>Doppelresonanz</p>  |



|                  |  |
|------------------|--|
|                  | <p>Diodenlaser-Spektroskopie</p> <p>Molekülspektroskopie von J<sub>2</sub></p> <p>Messungen an Halbleiterbauelementen: pn-Übergang und Operationsverstärker</p> <p>Paulfalle</p> <p>Holographie</p> <p>Abbildung biologischer Proben mit Rastertunnelmikroskopie</p> <p>Hochtemperatursupraleiter</p> <p>γ-Spektroskopie</p> <p>NMR-Spektrometer</p> |
| Studienleistung  | <p>Durchführung und schriftliche Auswertung von 12 Versuchen</p> <p>Mündliche Befragung zu jedem Versuch durch Versuchsbetreuer</p>  |
| Prüfungsleistung | <p>Prüfungsleistung: Klausur (2–3 Stunden) oder mündliche Prüfung (30 min)</p> <p>Art der Prüfung, Prüfungstermin und Dauer der Prüfung wird zu Beginn der Veranstaltung mitgeteilt.</p>   |
| Medienformen:    | Experimentieren unter Anleitung, schriftliche Versuchsanleitungen  |
| Literatur:       | Angabe in den Versuchsanleitungen zu den einzelnen Versuchen   |

## P 21 Physikalisches Seminar

|  |  |
|--|--|
| Modulbezeichnung:                            | Physikalisches Seminar   |
| ggf. Kürzel:                                 |  |
| ggf. Untertitel:                             |  |
| ggf. Lehrveranstaltungen:                    |  |
| Semester:                                    | Ab 3. Semester   |
| Modulverantwortliche:                        | Studiendekan (Prof. Dr. R. Matzdorf)   |
| Dozent:                                      | Prof. Dr. F. Träger, Prof. Dr. Th. Baumert, Prof. Dr. A. Ehresmann, Prof. Dr. J.P. Reithmaier, Prof. Dr. R. Matzdorf, Prof. Dr. G. Pastor, Prof. Dr. M. Garcia, Prof. Dr. M. Lein, im Wechsel  |
| Sprache:                                     | deutsch  |
| Zuordnung zum Curriculum:                    | B. Sc. in Physik: Pflichtmodul   |
| Lehrform / SWS:                              | Anleitung zur Konzeption eines Vortrags, Seminarvorträge der Teilnehmer  |
| Arbeitsaufwand:                              | Präsenzzeit 2h x 15 = 30h, Selbststudium 90h, in der Summe 120 Stunden   |
| Kreditpunkte:                                | 4 Credits (davon 3 Credits für Schlüsselkompetenzen)   |
| Voraussetzungen:                             | Modul Exp. Phys. I und Modul Exp. Phys. II   |
| Lernziele / Kompetenzen:                     | Physikalische Themen anhand von Literatur selbst zu erarbeiten.<br>Übersichtliche Präsentationsfolien zu erstellen<br>Verständliche Darstellung des Themas in einem Vortrag unter Einhaltung der Zeitvorgabe.  |
| Integrierter Erwerb von Schlüsselkompetenzen | Erwerb der Fähigkeit zum selbstständigen Einarbeiten in eine wissenschaftliche Fragestellung.<br>Erwerb der Fähigkeit zu einer physikalischen Fragestellung einen Vortrag auszuarbeiten.<br>Erwerb der Fähigkeit übersichtliche und verständliche Vortragsfolien zu erstellen und für die Präsentation mit Beamer vorzubereiten.<br>Erwerb der Fähigkeit in freier Rede die wissenschaftlichen Inhalte so vorzustellen, dass sie für den Zuhörer interessant, überzeugend und verständlich sind.<br>Erwerb der Fähigkeit eine wissenschaftliche Diskussion zu dem Vortragsthema zu führen und auf Fragen kompetent zu antworten. |
| Inhalt                                       | Wechselnde Inhalte   |
| Studien-, Prüfungsleistungen:                | Seminarvortrag mit wissenschaftlicher Diskussion (insgesamt 45–60 min)   |
| Medienformen:                                | Vortrag, Folien, „Powerpoint“-Präsentation   |
| Literatur:                                   | Sekundärliteratur  |

## P 22 Modulübergreifende Prüfung „Theoretische Physik II“

|  |  |
|--|--|
| Modulbezeichnung:                            | Modulübergreifende Prüfung „Theoretische Physik II“  |
| ggf. Kürzel:                                 |  |
| ggf. Untertitel:                             |  |
| ggf. Lehrveranstaltungen:                    |  |
| Semester:                                    | 5. Semester  |
| Modulverantwortliche:                        | Studiendekan (Prof. Dr. R. Matzdorf)   |
| Dozenten:                                    | Prof. Dr. G. Pastor, Prof. Dr. M. Garcia, Prof. Dr. M. Lein  |
| Sprache:                                     | deutsch  |
| Zuordnung zum Curriculum:                    | B. Sc. in Physik: Pflichtmodul   |
| Lehrform / SWS:                              | Selbstständiges Lernen aus Büchern und Vorlesungsmitschriften  |
| Arbeitsaufwand:                              | Präsenzzeit: keine, Selbststudium: 120 Stunden   |
| Kreditpunkte:                                | 4 Credits (davon 1 Credit für Schlüsselkompetenzen)  |
| Voraussetzungen:                             | Modul Klassische Teilchen und Felder, Modul Quantenmechanik und Modul Thermodynamik  |
| Lernziele / Kompetenzen:                     | <p>Erkennen von Gemeinsamkeiten und Unterschieden in der Sichtweise der Experimentalphysik und der Theoretischen Physik.</p> <p>Überblick über die statistischen Aspekte in den verschiedenen Bereichen der Physik.</p> <p>Interpretation der Aussagen, die auf statistischen Modellen beruhen.</p> <p>Kenntnis der physikalischen Modelle aus Quantenmechanik und Thermodynamik.</p>  |
| Integrierter Erwerb von Schlüsselkompetenzen | <p>Verbesserung der Fähigkeit das Wissen eigenverantwortlich zu ergänzen und zu vertiefen (Vorbereitung auf lebenslanges Lernen).</p> <p>Verbesserung der Fähigkeit sich geeignete Lehrbücher für den selbstständigen übergreifenden Lernprozess zu beschaffen.</p> <p>Verbesserung der Fähigkeit sich einen Überblick über innerphysikalische Zusammenhänge im Selbststudium zu erarbeiten.</p> <p>Verbesserung der eigenen Lern- und Arbeitstechniken.</p> |
| Inhalt:                                      | Themen die in den Modulen Quantenmechanik und Thermodynamik behandelt wurden.  |
| Studien-, Prüfungsleistungen:                | Prüfungsleistung: mündliche Prüfung, 30 Minuten  |
| Medienformen:                                | Selbststudium  |
| Literatur:                                   | <p>Messiah, Quantenmechanik I und II, de Gruyter-Verlag</p> <p>Schwabl, Quantenmechanik</p> <p>R. Kubo, Thermodynamics (Elsevier)</p>  |

|  |  |
|--|--|
|  | <p>R. Kubo, Statistical Mechanics (North Holland)</p> <p>Callen, Thermodynamics</p> <p>F. Schwabl, Statistische Mechanik (Springer-Verlag)</p> <p>F. Reif, Theorie der Wärme (Mc Graw-Hill)</p> <p>K. Huang, Statistical Mechanics (John-Wiley)</p> <p>Landau-Lifshitz, Statistical Physics (Pergamon)</p> <p>Nolting, Statistische Mechanik</p> <p>Greiner, Thermodynamik</p> |
|--|--|

## P 23 Modulübergreifende Prüfung „Moderne Experimentalphysik“

|  |  |
|--|--|
| Modulbezeichnung:                            | Modulübergreifende Prüfung „Moderne Experimentalphysik“  |
| ggf. Kürzel:                                 | Moderne Experimentalphysik   |
| ggf. Untertitel:                             |  |
| ggf. Lehrveranstaltungen:                    |  |
| Semester:                                    | 2. Semester  |
| Modulverantwortliche:                        | Prof. Dr. R. Matzdorf  |
| Dozent:                                      | Prof. Dr. F. Träger, Prof. Dr. Th. Baumert, Prof. Dr. A. Ehresmann, Prof. Dr. J.P. Reithmaier, Prof. Dr. R. Matzdorf   |
| Sprache:                                     | deutsch  |
| Zuordnung zum Curriculum:                    | B. Sc. in Physik: Pflichtmodul   |
| Lehrform / SWS:                              | Selbstständiges Lernen aus Büchern und Vorlesungsmitschriften  |
| Arbeitsaufwand:                              | Präsenzzeit: keine, Selbststudium: 120 Stunden   |
| Kreditpunkte:                                | 4 Credits (davon 1 Credit für Schlüsselkompetenzen)  |
| Voraussetzungen:                             | Modul Klassische Experimentalphysik, Modul Exp. Phys. III, Modul Exp. Phys. IV und Modul Exp. Phys. V  |
| Lernziele / Kompetenzen:                     | <p>Anschauliche Vorstellung von der Struktur der Materie (Atome, Moleküle, Festkörper, Atomkerne und Elementarteilchen)</p> <p>Kenntnis der grundlegenden physikalischen Effekte, die in Zusammenhang mit Atomen, Molekülen, Festkörpern, Kernen und Elementarteilchen beobachtet werden.</p> <p>Kenntnis der physikalischen Modelle zur Beschreibung der o.g. Objekte.</p> <p>Fähigkeit die physikalischen Effekte und Modelle zu beschreiben.</p>          |
| Integrierter Erwerb von Schlüsselkompetenzen | <p>Verbesserung der Fähigkeit das Wissen eigenverantwortlich zu ergänzen und zu vertiefen (Vorbereitung auf lebenslanges Lernen).</p> <p>Verbesserung der Fähigkeit sich geeignete Lehrbücher für den selbstständigen übergreifenden Lernprozess zu beschaffen.</p> <p>Verbesserung der Fähigkeit sich einen Überblick über innerphysikalische Zusammenhänge im Selbststudium zu erarbeiten.</p> <p>Verbesserung der eigenen Lern- und Arbeitstechniken.</p> |
| Inhalt:                                      | <p>Atome</p> <p>Moleküle</p> <p>Festkörper</p> <p>Atomkerne</p> <p>Elementarteilchen</p>   |
| Studien-, Prüfungsleistungen:                | Prüfungsleistung: mündliche Prüfung, 30 Minuten  |

| Medienformen: | Selbststudium  |
|---------------|--|
| Literatur:    | <p>Ch. Gerthsen, D. Meschede: Physik, Springer</p> <p>D.C. Giancoli: Physik, Pearson</p> <p>S. Gasiorowicz: Quantenphysik, Oldenbourg</p> <p>H. Günther: Starthilfe Relativitätstheorie</p> <p>Haken/Wolf: Atomphysik (Springer 2000), Molekülphysik und Quantenchemie (Springer 1998, 3. Auflage)</p> <p>Mayer-Kuckuk: Atomphysik (Teubner 1997)</p> <p>M. Weissbluth: Atoms and Molecules(Academic Press 1980)</p> <p>W. Demtröder: Laser Spectroscopy, Einführung in die Physik Band 3, Molekülphysik, Band 4, Kern-, Teilchen- und Astrophysik, Springer</p> <p>A. Corney: Atomic and Laser Spectroscopy (Clarendon Press Oxford 1988)</p> <p>G. Herzberg: Molecular Spectra and Molecular Structure; van Nostrand (1950)</p> <p>F. Engelke: Aufbau der Moleküle (Teubner 1996, 3.Auflage)</p> <p>Bergmann/ Schäfer: Aufbau der Materie Band IV (de Gruyter neueste Auflage)</p> <p>Banwell/McCash: Molekülspektroskopie, ein Grundkurs (Oldenbourg 1999)</p> <p>J. Steinfeld: Molecules and Radiation (MIT Press 1993)</p> <p>G. King: Spectroscopy and Molecular Structure (Holt, Rinehart and Winston 1964)</p> <p>Kittel „Einführung in die Festkörperphysik“</p> <p>Ibach-Lüth „Festkörperphysik“</p> <p>Blakemore „Solid state physics“</p> <p>Ashcroft-Mermin “Solid state physics”</p> |

## P 24 Bachelorarbeit

|                           |   |
|---------------------------|---|
| Modulbezeichnung:         | Bachelorarbeit  |
| ggf. Kürzel:              |   |
| ggf. Untertitel:          |   |
| ggf. Lehrveranstaltungen: |   |
| Semester:                 | 6. Semester   |
| Modulverantwortliche:     | Studiendekan (Prof. Dr. R. Matzdorf)  |
| Dozent:                   | Prof. Dr. F. Träger, Prof. Dr. Th. Baumert, Prof. Dr. A. Ehresmann, Prof. Dr. J.P. Reithmaier, Prof. Dr. R. Matzdorf, Prof. Dr. G. Pastor, Prof. Dr. M. Garcia, Prof. Dr. M. Lein   |
| Sprache:                  | deutsch   |
| Zuordnung zum Curriculum: | B. Sc. in Physik: Pflichtmodul  |
| Lehrform / SWS:           | Anleitung zum wissenschaftlichen Arbeiten   |
| Arbeitsaufwand:           | Präsenzzeit und Selbststudium zusammen 360 Stunden  |
| Kreditpunkte:             | 12 Credits (davon 6 Credits für Schlüsselkompetenzen)   |
| Voraussetzungen:          | <p>Folgende Module sind Voraussetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Experimentalphysik I</li> <li>Rechenmethoden der Physik</li> <li>Grundlagen der Analysis</li> <li>Allgemeine Chemie</li> <li>Anfängerpraktikum Teil A</li> <li>Experimentalphysik II</li> <li>Theoretische Mechanik</li> <li>Modulübergreifende Prüfung „Klassische Experimentalphysik“</li> <li>Experimentalphysik III</li> <li>Theoretische Elektrodynamik</li> <li>Lineare Algebra I</li> <li>Anfängerpraktikum Teil B</li> <li>Modulübergreifende Prüfung „Theorie klassischer Teilchen und Felder“</li> <li>Experimentalphysik IV</li> <li>Theoretische Quantenmechanik</li> <li>Anfängerpraktikum Teil C</li> <li>Vertiefung Analysis</li> <li>Experimentalphysik V</li> <li>Thermodynamik und Statistische Physik</li> <li>Modulübergreifende Prüfung „Theoretische Physik II“</li> <li>Modulübergreifende Prüfung „Moderne Experimentalphysik“</li> </ul> <p>sowie mindestens 10 Credit-Punkte im Wahlbereich W x</p> |
| Lernziele / Kompetenzen:  | Die Bachelorarbeit soll zeigen, dass die Kandidatin oder der Kandidat in der Lage ist, sich innerhalb der vorgegebenen Frist in eine Problemstellung aus dem Fach einzuarbeiten, die erlernten physikalischen Methoden anzuwenden und die Ergebnisse in verständlicher Form darzustellen.   |

|  |   |
|--|---|
| Integrierter Erwerb von Schlüsselkompetenzen | <p>Entwicklung einer Problemlösungskompetenz</p> <p>Entwicklung der Fähigkeit physikalische und teilweise übergreifende Probleme durch zielorientiertes und logisch fundiertes Herangehen, auf der Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse selbstständig einzuordnen, zu analysieren und möglichst weitgehend zu lösen.</p> <p>Erlernen der Fähigkeit zum selbstständigen und eigenverantwortlichen Einarbeiten in wissenschaftliche Literatur zu einer eng umgrenzten Problemstellung.</p> <p>Kooperationsbereitschaft und Teamfähigkeit.</p> <p>Kommunikationsfähigkeit über wissenschaftliche Fragestellungen.</p> <p>Einsicht in die Arbeitsweise eines Forschungslabors</p> <p>Vertiefung der Fähigkeiten zum Niederschreiben einer Wissenschaftlichen Arbeit.</p> |
| Inhalt:                                      | <p>Experimentelle oder theoretische Arbeit zu einer wissenschaftlichen Fragestellung aus der modernen Forschung.</p> <p>Zumindest der Schwerpunkt der Arbeit soll auf einer physikalischen Fragestellung liegen.</p>  |
| Studien-, Prüfungsleistungen:                | Schriftliche Ausarbeitung   |
| Medienformen:                                |   |
| Literatur:                                   | Fachliteratur   |



## P 25 Seminar zur Bachelorarbeit

|  |  |
|--|--|
| Modulbezeichnung:                            | Seminar zur Bachelorarbeit   |
| ggf. Kürzel:                                 | Bachelorseminar  |
| ggf. Untertitel:                             |  |
| ggf. Lehrveranstaltungen:                    |  |
| Semester:                                    | 6. Semester  |
| Modulverantwortliche:                        | Studiendekan (Prof. Dr. R. Matzdorf)   |
| Dozent:                                      | Prof. Dr. F. Träger, Prof. Dr. Th. Baumert, Prof. Dr. A. Ehresmann, Prof. Dr. J.P. Reithmaier, Prof. Dr. R. Matzdorf, Prof. Dr. G. Pastor, Prof. Dr. M. Garcia, Prof. Dr. M. Lein  |
| Sprache:                                     | deutsch  |
| Zuordnung zum Curriculum:                    | B. Sc. in Physik: Pflichtmodul   |
| Lehrform / SWS:                              | Seminarvorträge der Teilnehmer   |
| Arbeitsaufwand:                              | Präsenzzeit 1h x 15 = 15h, Selbststudium 75h zusammen 90 Stunden   |
| Kreditpunkte:                                | 3 Credits (davon 2 Credits für Schlüsselkompetenzen)   |
| Voraussetzungen:                             | Modul Bachelorarbeit   |
| Lernziele / Kompetenzen:                     | Fähigkeit wissenschaftliche Ergebnisse und deren Interpretation in einem Vortrag überzeugend und verständlich vorzutragen.<br>Übersichtliche Präsentationsfolien zu erstellen<br>Verständliche Darstellung des Themas in einem Vortrag unter Einhaltung der Zeitvorgabe.   |
| Integrierter Erwerb von Schlüsselkompetenzen | Erwerb der Fähigkeit übersichtliche und verständliche Vortragsfolien zu erstellen und für die Präsentation mit Beamer vorzubereiten.<br>Erwerb der Fähigkeit in freier Rede die wissenschaftlichen Inhalte so vorzustellen, dass sie für den Zuhörer interessant, überzeugend und verständlich sind.<br>Erwerb der Fähigkeit eine wissenschaftliche Diskussion zu dem Vortragsthema zu führen und auf Fragen kompetent zu antworten. |
| Inhalt:                                      | Ergebnisse der Bachelorarbeit.   |
| Studien-, Prüfungsleistungen:                | Seminarvortrag mit wissenschaftlicher Diskussion (insgesamt 45–60 min)   |
| Medienformen:                                | Vortrag, Folien  |
| Literatur:                                   | Fachliteratur  |

## W 1 Berufspraktikum

|  |  |
|--|--|
| Modulbezeichnung:                            | Berufspraktikum  |
| ggf. Kürzel:                                 |  |
| ggf. Untertitel:                             |  |
| ggf. Lehrveranstaltungen:                    |  |
| Semester:                                    | Ab 4. Semester   |
| Modulverantwortliche:                        | Studiendekan (Prof. Dr. R. Matzdorf)   |
| Dozent:                                      | Prof. Dr. F. Träger, Prof. Dr. Th. Baumert, Prof. Dr. A. Ehresmann, Prof. Dr. J.P. Reithmaier, Prof. Dr. R. Matzdorf, Prof. Dr. G. Pastor, Prof. Dr. M. Garcia, Prof. Dr. M. Lein  |
| Sprache:                                     | deutsch  |
| Zuordnung zum Curriculum:                    | B. Sc. in Physik: Wahlpflichtmodul   |
| Lehrform / SWS:                              | Berufspraktikum  |
| Arbeitsaufwand:                              | Präsenzzeit 40h x 6 = 240h   |
| Kreditpunkte:                                | 8 Credits (davon 4 Credits für Schlüsselkompetenzen)   |
| Voraussetzungen:                             | Einschreibung für den Studiengang B. Sc. in Physik   |
| Lernziele / Kompetenzen:                     | Einblick in die Berufswelt für Abgänger des Studiengangs B. Sc. in Physik  |
| Integrierter Erwerb von Schlüsselkompetenzen | Erwerb einer Berufsbefähigung  |
| Inhalt:                                      | <p>6-wöchiger Aufenthalt in einem Unternehmen oder einer Institution außerhalb der Universität in der Physiker berufstätig sind. In dieser Zeit wird in der Regel ein kleines Projekt unter der Anleitung eines Physikers bearbeitet werden, das Einblick in die Tätigkeit eines Physikers an seinem Arbeitsplatz gibt.</p> <p>Jeder Praktikant wird von einem Dozenten betreut, der als Ansprechpartner zur Verfügung steht und die Bewertung des Abschlussberichtes bzw. der mündlichen Präsentation vornimmt.</p> <p>Das bearbeitete Projekt und die während des Praktikums gesammelten Erfahrungen werden in einem schriftlicher Bericht (ca. 10 Seiten) oder einer mündliche Präsentation (ca. 15 min) vorgestellt.</p> <p>Begleitend findet einmal jährlich eine Erfahrungsaustauschs-runde von Praktikanten mit zukünftigen Praktikanten statt.</p> |
| Studien-, Prüfungsleistungen:                | Schriftlicher Bericht (ca. 10 Seiten) oder mündliche Präsentation (ca. 15 min).  |
| Medienformen:                                |  |
| Literatur:                                   | Wird ggf. während des Praktikums bekannt gegeben.  |

## W 2 Laseranwendungen in den Naturwissenschaften

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Modulbezeichnung:             | Laseranwendungen in den Naturwissenschaften   |
| ggf. Kürzel:                  |   |
| ggf. Untertitel:              |   |
| ggf. Lehrveranstaltungen:     |   |
| Semester:                     | Ab 3. Semester  |
| Modulverantwortliche:         | Studiendekan der Physik (Prof. Dr. R. Matzdorf)   |
| Dozent:                       | Prof. Dr. M. Stuke  |
| Sprache:                      | Deutsch   |
| Zuordnung zum Curriculum:     | B. Sc. in Physik: Wahlpflichtmodul<br>Nanostrukturwissenschaften: Pflichtmodul<br>Lehramt L3 (Physik): Wahlpflichtmodul<br>Lehramt L2 (Physik): Wahlpflichtmodul  |
| Lehrform / SWS:               | Vorlesung 2 SWS   |
| Arbeitsaufwand:               | Präsenzzeit: 2h x 15 = 30h, Selbststudium: 30h, Summe = 60 Stunden  |
| Kreditpunkte:                 | 2 Credits   |
| Voraussetzungen:              | Einschreibung für einen der Studiengänge: B. Sc. in Physik, Nanostrukturwissenschaften, Lehramt L3 (Physik) oder Lehramt L2 (Physik)  |
| Lernziele / Kompetenzen:      | Kenntnis der verschiedenen Anwendungen von Lasern<br>Kenntnis der physikalischen Abläufe bei den verschiedenen Laseranwendungen.  |
| Inhalt:                       | Grundlagen der Laserphysik<br>Laserspektroskopie<br>Laserchemie<br>Laserinduzierte Abscheidung<br>Laser-CVD<br>Laserablation<br>Anwendungen in der Biologie<br>Anwendungen in der Medizin<br>Anwendung in der Archäologie |
| Studien-, Prüfungsleistungen: | Prüfungsleistung: Klausur (1–2 Stunden) oder mündliche Prüfung (15–30 min)  |
| Medienformen:                 | Vorlesung, Tafel, Folien, Powerpoint, Laborbesichtigung   |
| Literatur:                    | W. Demtröder „Laser-Spektroskopie“, Springer<br>D. Bäuerle, „Laser Chemical Processing“, Springer   |

## W 3 Programmierung

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Modulbezeichnung:               | Programmierung  |
| ggf. Kürzel:                    |   |
| ggf. Untertitel:                |   |
| ggf. Lehrveranstaltungen:       | Einführung in die Programmierung für Informatik (4 SWS Vorlesung/Übung)<br>Algorithmen und Datenstrukturen (4 SWS Vorlesung/Übung)  |
| Semester:                       | Ab 3. Semester  |
| Modulverantwortliche:           | Prof. Dr. Wegener (Informatik)  |
| Dozent:                         | Dozenten des Studiengangs Informatik  |
| Sprache:                        | deutsch   |
| Zuordnung zum Curriculum:       | B. Sc. in Physik: Wahlpflichtmodul  |
| Lehrform / SWS:                 | 8 SWS Vorlesung einschl. Übungen  |
| Arbeitsaufwand:                 | Präsenzzeit: 8 SWS Vorlesung einschl. Übungen (120h)<br>Selbststudium: 240 Stunden  |
| Kreditpunkte:                   | 12 ECTS   |
| Voraussetzungen:                |   |
| Lernziele / Kompetenzen, Inhalt | Kenntnisse und Fertigkeiten im Einsatz einer Programmiersprache, einschließlich der Entwicklung von Algorithmen<br>Grundlagen in einer aktuellen Programmiersprache. Variablen, Ausdrücke, Kontrollstrukturen, Methoden, Klassen, etc.<br>Begriffliche Grundlagen, strukturierte Datentypen, Such- und Sortierverfahren, Rekursive Algorithmen, Bäume, Hash-Verfahren |
| Studien-, Prüfungsleistungen:   | 2 Modulteilprüfungen: Klausur und/oder Hausarbeit   |
| Medienformen:                   |   |
| Literatur:                      | Wird in den Veranstaltungen bekannt gegeben.  |

### W 4 Angewandte Computerorientierte Mathematik

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Modulbezeichnung:             | Angewandte Computerorientierte Mathematik   |
| ggf. Kürzel:                  |   |
| ggf. Untertitel:              |   |
| ggf. Lehrveranstaltungen:     | Teil A: Einführung in die Numerik (2 SWS Vorlesung + 1 SWS Übungen)<br>Teil B: Einführung in die Stochastik (2 SWS Vorlesung + 1 SWS Übungen)<br>Teil C: Wahl aus ausgezeichneten Numerik- und Stochastik-Veranstaltungen (2 SWS Vorlesung + 1 SWS Übungen)   |
| Semester:                     | Ab 3. Semester  |
| Modulverantwortliche:         | Prof. Dr. Meister (Mathematik)  |
| Dozent:                       | Dozenten der Mathematik   |
| Sprache:                      | deutsch   |
| Zuordnung zum Curriculum:     | B. Sc. in Physik: Wahlpflichtmodul  |
| Lehrform / SWS:               |   |
| Arbeitsaufwand:               | Präsenzzeit: 6 SWS Vorlesung (90h), 3 SWS Übung (45h)<br>Selbststudium: 315 Stunden   |
| Kreditpunkte:                 | 15 ECTS   |
| Voraussetzungen:              |   |
| Lernziele / Kompetenzen,      | Fähigkeiten zur Lösung und Modellierung von einfachen mathematischen, deterministischen und stochastischen Fragestellungen in Naturwissenschaft, Technik und Wirtschaft und deren Behandlung mit dem Computer: Fähigkeit zur gezielten Anwendung numerischer Algorithmen bei der Lösung von Gleichungssystemen und Ausgleichsproblemen sowie bei der Interpolation und Integration von Funktionen, Erfahrungen in der Fehleranalyse, mathematische Beschreibung des Zufalls, Bestimmung von Wahrscheinlichkeiten und abgeleiteten Größen. |
| Inhalt                        | Teil A: Lineare und nichtlineare Gleichungssysteme, lineare Ausgleichsprobleme, Interpolation und numerische Integration von Funktionen<br>Teil B: Wahrscheinlichkeitsräume, Zufallsvariablen und ihre Verteilung, bedingte Wahrscheinlichkeiten, stochastische Unabhängigkeit, Erwartungswert, Varianz, Fluktuationstheorie, Verzweigungsprozesse, Lebensdauer-Verteilungen, mehrdimensionale Verteilungen.<br>Teil C: Eine weiterführende Veranstaltung zur Numerik oder Stochastik   |
| Studien-, Prüfungsleistungen: | Regelmäßige Bearbeitung von Übungsaufgaben; der Dozent kann für einzelne Lehrveranstaltungen die Bearbeitung der Übungsaufgaben auch ganz oder teilweise durch Kurzreferate oder Hausarbeiten ersetzen.   |

|               |   |
|---------------|---|
|               | 3 Modulteilprüfungen: Diese bestehen jeweils aus einer Klausur oder einer mündlichen Prüfung. |
| Medienformen: |   |
| Literatur:    | Wird in den Veranstaltungen bekannt gegeben.  |

## W 5 Anorganische Chemie I

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Modulbezeichnung:             | Anorganische Chemie I  |
| ggf. Kürzel:                  |  |
| ggf. Untertitel:              |  |
| ggf. Lehrveranstaltungen:     |  |
| Semester:                     | Ab 2. Semester   |
| Modulverantwortliche:         | Studiendekan Chemie (Prof. Dr. J. Salbeck)   |
| Dozent:                       | Prof. Dr. Siemeling  |
| Sprache:                      | deutsch  |
| Zuordnung zum Curriculum:     | B. Sc. in Physik: Wahlpflichtmodul   |
| Lehrform / SWS:               | Vorlesung 3 SWS, Praktikum mit Seminar 3 SWS   |
| Arbeitsaufwand:               | Präsenzzeit: 6h x 15 = 90h, Selbststudium: 60h, Summe = 150 Stunden  |
| Kreditpunkte:                 | 5 Credits  |
| Voraussetzungen:              |  |
| Lernziele / Kompetenzen:      | <p>Erwerb stoffchemischer Kenntnisse in der Chemie der s-, p- und d-Block-Elemente im Überblick.</p> <p>Zu erlangende Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Anwendung grundlegender Prinzipien und Konzepte der Chemie für die Beurteilung konkreter stoffchemischer Verhaltensweisen</li> <li>- Erarbeitung einer soliden Basis aus enzyklopädischem Wissen im Bereich der Anorganischen Stoffchemie</li> <li>- Vertiefung und Festigung praktisch-handwerklicher Fertigkeiten im Kontext einer experimentellen Naturwissenschaft (sicheres, sauberes und rasches Hantieren mit Arbeitsgeräten und Gefahrstoffen im Rahmen der gesetzlichen Bestimmungen)</li> <li>- Selbstständige Durchführung qualitativer und quantitativer anorganischer Analysen technischer Produkte</li> <li>- Differenzierte Beurteilung von Fehlerquellen beim analytischen Arbeiten</li> <li>- Urteilsrationalität bzgl. Genauigkeit und Validität nasschemischer Analysemethoden</li> </ul> |
| Inhalt:                       | Beschreibende Stoffchemie der s-, p- und d-Block-Elemente (Vorkommen, Gewinnung, Verwendung, wichtige technische Prozesse) unter Akzentuierung der für das tägliche Leben besonders relevanten Elemente  |
| Studien-, Prüfungsleistungen: | Klausur (ca. einstündig)   |
| Medienformen:                 |  |

|            |  |
|------------|--|
| Literatur: | <p>Grundlagen:</p> <p>Cotton, Wilkinson, Gaus: Grundlagen der Anorganischen Chemie, VCH, Weinheim, 1990</p> <p>Beyer: Grundkurs Anorganische Chemie, Barth, Leipzig, 1992</p> <p>Christen, Meyer: Grundlagen der allgemeinen und anorganischen Chemie, Salle + Sauerländer, Frankfurt, 1997</p> <p>Riedel: Allgemeine und Anorganische Chemie, de Gruyter, Berlin, 2004</p> <p>weiterführende Lehrbücher:</p> <p>Holleman-Wiberg: Lehrbuch der Anorganischen Chemie, 101. Aufl., de Gruyter, Berlin, 1995</p> <p>Huheey, Keiter, Keiter: Anorganische Chemie, 3. Aufl., de Gruyter, Berlin, 2003</p> <p>Shriver, Atkins, Langford: Anorganische Chemie, Wiley-VCH, Weinheim, 1997</p> <p>Riedel: Anorganische Chemie, 6. Aufl., de Gruyter, Berlin, 2004</p> <p>Nasschemische anorganische Analyse:</p> <p>Jander, Jahr: Maßanalyse, 16. Aufl., de Gruyter, Berlin, 2003</p> <p>Strähle, Schweda: Jander/Blasius Lehrbuch der analytischen und präparativen anorganischen Chemie, Hirzel, Stuttgart, 2002</p> <p>Biltz, Biltz: Ausführung quantitativer Analysen, 10. Aufl., Hirzel, Stuttgart, 1983</p> |
|------------|--|



**Modulhandbuch**

für den Studiengang

**Master of Science in Physik**

Fachbereich Naturwissenschaften

Universität Kassel

## Übersicht über die Module

### Liste der Pflichtmodule:

#### Pflichtmodule Vertiefungsphase:

|      |                                    |           |
|------|------------------------------------|-----------|
| PM 1 | F-Praktikum MA                     | 9 Credits |
| PM 2 | Experimentalphysikalisches Seminar | 4 Credits |
| PM 3 | Theorieseminar                     | 4 Credits |

#### Pflichtmodule Forschungsphase:

|      |                                     |            |
|------|-------------------------------------|------------|
| PM 4 | Fachliche Spezialisierung           | 15 Credits |
| PM 5 | Methodenkenntnis und Projektplanung | 15 Credits |
| PM 6 | Masterarbeit                        | 30 Credits |

### Liste der Wahlpflichtmodule:

#### Wahlpflichtmodule theoretische Physik:

|      |                               |           |
|------|-------------------------------|-----------|
| WT 1 | Theoretische Festkörperphysik | 8 Credits |
| WT 2 | Quantenmechanik II            | 8 Credits |

#### Wahlpflichtmodule Experimentalphysik

|      |   |           |
|------|---|-----------|
| WE 1 | Laserphysik und nichtlineare Optik                    | 6 Credits |
| WE 2 | Angewandte Halbleiterphysik                           | 6 Credits |
| WE 3 | Halbleiterlaser                                       | 6 Credits |
| WE 4 | Ultrakurze Laserpulse und ihre Anwendung              | 3 Credits |
| WE 5 | Dünnschichtphysik und Physik mit Synchrotronstrahlung | 3 Credits |
| WE 6 | Oberflächenphysik                                     | 3 Credits |
| WE 7 | Astrophysik/Astronomie                                | 6 Credits |

#### Nichtphysikalische Module:

Es können Module aus den Bereichen Mathematik, physikalische Chemie, Elektrotechnik, Maschinenbau, Chemie, Biologie und Wirtschaftswissenschaften gewählt werden. Weitere Module können vom Prüfungsausschuss zugelassen werden.

## PM 1 Fortgeschrittenenpraktikum MA

|  |   |
|--|---|
| Modulbezeichnung:                            | Fortgeschrittenenpraktikum MA   |
| ggf. Kürzel:                                 | FP-MA   |
| ggf. Untertitel:                             |   |
| ggf. Lehrveranstaltungen:                    |   |
| Semester:                                    | Ab 1. Semester  |
| Modulverantwortliche:                        | Prof. Dr. F. Träger   |
| Dozenten:                                    | Prof. Dr. F. Träger, Prof. Dr. R. Matzdorf, Prof. Dr. Th. Baumert, Prof. Dr. A. Ehresmann, Prof. Dr. J.P. Reithmaier  |
| Sprache:                                     | Deutsch   |
| Zuordnung zum Curriculum:                    | M. Sc. in Physik, Pflichtmodul  |
| Lehrform / SWS:                              | Praktikum 4 SWS   |
| Arbeitsaufwand:                              | Präsenzzeit: 12h x 6 = 72h, Selbststudium: 33h x 6 = 298h, Summe = 270 Stunden  |
| Kreditpunkte:                                | 9 Credits (davon 4 Credits für Schlüsselkompetenzen)  |
| Voraussetzungen:                             | Zulassung zum Masterstudium in Physik   |
| Lernziele / Kompetenzen:                     | <p>Durchführung anspruchsvoller wissenschaftlicher Experimente zu fortgeschrittenen physikalischen Themen</p> <p>Auswertung von Messwerten, Berechnung physikalischer Größen aus den Messwerten und Berechnung des Fehlers für die Messergebnisse.</p> <p>Kenntnis der Vorgehensweise bei systematischer Planung, Durchführung Protokollierung und Auswertung von physikalischen Messungen.</p>   |
| Integrierter Erwerb von Schlüsselkompetenzen | <p>Vertiefung der Fähigkeit zur selbstständigen Einarbeitung in kompliziertere physikalische Sachverhalte in Hinblick auf die praktische Anwendung in einem Experiment.</p> <p>Erlernen des sicheren und kompetenten Arbeitens im physikalischen Labor.</p> <p>Teamfähigkeit</p> <p>Einblick in die Arbeitsweise eines experimentell arbeitenden Physikers (nicht selbstständig forschend).</p> <p>Vertiefung der Fähigkeit zur Dokumentation von komplizierteren Experimenten und deren Ergebnissen.</p> <p>Vertiefung der Fähigkeit zur schriftlichen Präsentation eigener experimenteller Ergebnisse unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten.</p> |
| Inhalt:                                      | <p>6 Versuche aus folgender Auswahl:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Messung ultrakurzer Laserpulse durch Autokorrelationstechnik</li> <li>- Magnetisierungen dünner magnetischer Schichtsysteme</li> <li>- Messung optischer Spektren metallischer Nanoteilchen im</li> </ul>   |

|                  |  |
|------------------|--|
|                  | <p>Ultrahochvacuum</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Akustische Quantensimulation zur Rastertunnelmikroskopie und -spektroskopie.</li> <li>- Charakterisierung von nanostrukturierten Oberflächen mit Rasterelektronen- und Rasterkraftmikroskopie (z.B. Halbleiterquantenpunktstrukturen)</li> <li>- Optische Charakterisierung von Halbleiternanostrukturen mittels Tieftemperatur-Photolumineszenz- und Absorptionsspektroskopie</li> <li>- Untersuchung der Transporteigenschaften von nanostrukturierten Halbleiterdioden (z.B. Doppelbarrieren-Tunneliode).</li> <li>- Nanostrukturierung z.B. mit hochauflösender Elektronenstrahlolithographie und Trockenätzverfahren oder mit Rastertunnelverfahren.</li> </ul> <p>Weitere Versuche befinden sich im Aufbau bzw. in Planung</p> |
| Studienleistung  | Durchführung und schriftliche Auswertung von 6 Versuchen<br>Mündliche Befragung zu jedem Versuch durch Versuchsbetreuer  |
| Prüfungsleistung | Klausur (2-3 Stunden) oder mündliche Prüfung (30 min)<br>Art der Prüfung, Prüfungstermin und Dauer der Prüfung wird zu Beginn der Veranstaltung mitgeteilt.  |
| Medienformen:    | Experimentieren unter Anleitung, schriftliche Versuchsanleitungen  |
| Literatur:       | Angabe in den Versuchsanleitungen zu den einzelnen Versuchen   |

## PM 2 Experimentalphysikalisches Seminar

|  |   |
|--|---|
| Modulbezeichnung:                            | Experimentalphysikalisches Seminar  |
| ggf. Kürzel:                                 |   |
| ggf. Untertitel:                             |   |
| ggf. Lehrveranstaltungen:                    |   |
| Semester:                                    | Ab 1. Semester  |
| Modulverantwortliche:                        | Studiendekan (Prof. Dr. R. Matzdorf)  |
| Dozent:                                      | Prof. Dr. F. Träger, Prof. Dr. R. Matzdorf, Prof. Dr. Th. Baumert, Prof. Dr. A. Ehresmann, Prof. Dr. J.P. Reithmaier, im Wechsel  |
| Sprache:                                     | deutsch   |
| Zuordnung zum Curriculum:                    | M. Sc. in Physik, Pflichtmodul  |
| Lehrform / SWS:                              | Anleitung zur Konzeption eines Vortrags, Seminarvorträge der Teilnehmer   |
| Arbeitsaufwand:                              | Präsenzzeit 2h x 15 = 30h, Selbststudium 60h, in der Summe 90 Stunden   |
| Kreditpunkte:                                | 4 Credits (davon 3 Credits für Schlüsselkompetenzen)  |
| Voraussetzungen:                             | Zulassung zum Masterstudium in Physik   |
| Lernziele / Kompetenzen:                     | Physikalische Themen anhand von Literatur selbst zu erarbeiten.<br>Übersichtliche Präsentationsfolien zu erstellen<br>Verständliche Darstellung des Themas in einem Vortrag unter Einhaltung der Zeitvorgabe.   |
| Integrierter Erwerb von Schlüsselkompetenzen | Vertiefung der Fähigkeit zum selbstständigen Einarbeiten in wissenschaftliche Fragestellung.<br>Vertiefung der Fähigkeit zu einer experimentalphysikalischen Fragestellung einen Vortrag auszuarbeiten.<br>Vertiefung der Fähigkeit übersichtliche und verständliche Vortragsfolien zu erstellen und für die Präsentation mit Beamer vorzubereiten.<br>Vertiefung der Fähigkeit in freier Rede die wissenschaftlichen Inhalte so vorzustellen, dass sie für den Zuhörer interessant, überzeugend und verständlich sind.<br>Vertiefung der Fähigkeit eine wissenschaftliche Diskussion zu dem Vortragsthema zu führen und auf Fragen kompetent zu antworten. |
| Inhalt:                                      | Wechselnde Inhalte  |
| Studien-, Prüfungsleistungen:                | Seminarvortrag mit wissenschaftlicher Diskussion (insgesamt 45–60 min)  |
| Medienformen:                                | Vortrag, Folien, Beamer   |
| Literatur:                                   | Sekundärliteratur   |

## PM 3 TheorieSeminar

|  |   |
|--|---|
| Modulbezeichnung:                            | Theorieseminar  |
| ggf. Kürzel:                                 |   |
| ggf. Untertitel:                             |   |
| ggf. Lehrveranstaltungen:                    |   |
| Semester:                                    | Ab 1. Semester  |
| Modulverantwortliche:                        | Studiendekan (Prof. Dr. R. Matzdorf)  |
| Dozent:                                      | Prof. Dr. G. Pastor, Prof. Dr. M. Garcia, Prof. Dr. M. Lein, im Wechsel   |
| Sprache:                                     | deutsch   |
| Zuordnung zum Curriculum:                    | M. Sc. in Physik, Pflichtmodul  |
| Lehrform / SWS:                              | Anleitung zur Konzeption eines Vortrags, Seminarvorträge der Teilnehmer   |
| Arbeitsaufwand:                              | Präsenzzeit 2h x 15 = 30h, Selbststudium 60h, in der Summe 90 Stunden   |
| Kreditpunkte:                                | 4 Credits (davon 3 Credits für Schlüsselkompetenzen)  |
| Voraussetzungen:                             | Zulassung zum Masterstudium in Physik   |
| Lernziele / Kompetenzen:                     | <p>Physikalische Themen anhand von Literatur selbst zu erarbeiten.</p> <p>Übersichtliche Präsentationsfolien zu erstellen</p> <p>Verständliche Darstellung des Themas in einem Vortrag unter Einhaltung der Zeitvorgabe.</p>  |
| Integrierter Erwerb von Schlüsselkompetenzen | <p>Vertiefung der Fähigkeit zum selbstständigen Einarbeiten in wissenschaftliche Fragestellung.</p> <p>Vertiefung der Fähigkeit zu einer physikalischen Fragestellung aus der theoretischen Physik einen Vortrag auszuarbeiten.</p> <p>Vertiefung der Fähigkeit übersichtliche und verständliche Vortragsfolien zu erstellen und für die Präsentation mit Beamer vorzubereiten.</p> <p>Vertiefung der Fähigkeit in freier Rede die wissenschaftlichen Inhalte so vorzustellen, dass sie für den Zuhörer interessant, überzeugend und verständlich sind.</p> <p>Vertiefung der Fähigkeit eine wissenschaftliche Diskussion zu dem Vortragsthema zu führen und auf Fragen kompetent zu antworten.</p> |
| Inhalt:                                      | Wechselnde Inhalte  |
| Studien-, Prüfungsleistungen:                | Seminarvortrag mit wissenschaftlicher Diskussion (insgesamt 45–60 min)  |
| Medienformen:                                | Vortrag, Folien, Beamer   |
| Literatur:                                   | Sekundärliteratur   |

## PM 4 Fachliche Spezialisierung

|  |  |
|--|--|
| Modulbezeichnung:                            | Fachliche Spezialisierung  |
| ggf. Kürzel:                                 |  |
| ggf. Untertitel:                             |  |
| ggf. Lehrveranstaltungen:                    | Einzelbetreuung im Forschungslabor   |
| Semester:                                    | Ab 3. Semester   |
| Modulverantwortliche:                        | Studiendekan (Prof. Dr. R. Matzdorf)   |
| Dozent:                                      | Alle Professoren der Physik  |
| Sprache:                                     | Deutsch, z.T. englisch   |
| Zuordnung zum Curriculum:                    | M. Sc. in Physik, Pflichtmodul   |
| Lehrform / SWS:                              | Einzelbetreuung im Forschungslabor, ganztags   |
| Arbeitsaufwand:                              | Präsenzzeit 450 Stunden  |
| Kreditpunkte:                                | 15 Credits (davon 3 Credits für Schlüsselkompetenzen)  |
| Voraussetzungen:                             | F-Praktikum MA<br>Experimentalphysikalisches Seminar<br>Theorieseminar   |
| Lernziele / Kompetenzen:                     | Erwerb der Fähigkeit sich in ein Spezialgebiet der aktuellen, internationalen physikalischen Forschung einzuarbeiten.<br><br>Erwerb der Fähigkeit die aktuelle internationale Fachliteratur für das Spezialgebiet zu recherchieren und zu verstehen.   |
| Integrierter Erwerb von Schlüsselkompetenzen | Verbesserung der eigenen Lern- und Arbeitstechniken<br>Ausbau der Teamfähigkeit<br>Kommunikationsfähigkeit in deutsch und englisch<br>internationale und interkulturelle Erfahrung<br><br>Gewinnung der Überzeugung, dass es möglich ist, sich auf der Basis des erworbenen breiten physikalischen Wissens in ein beliebiges Spezialgebiet der Physik innerhalb weniger Monate soweit einzuarbeiten, dass eine Teilnahme an der aktuellen internationalen Forschung auf diesem Gebiet möglich ist. |
| Inhalt:                                      | Einarbeitung in ein Spezialgebiet der aktuellen internationalen Forschung, das in einem der Fachgebiete am Institut für Physik vertreten ist.  |
| Studien-, Prüfungsleistungen:                | Seminarvortrag mit wissenschaftlicher Diskussion (insgesamt 30-60 min)   |
| Medienformen:                                | Einzelbetreuung im Forschungslabor   |
| Literatur:                                   | Wissenschaftliche Literatur aus internationalen Zeitschriften  |

**PM 5 Methodenkenntnis und Projektplanung**

|  |  |
|--|--|
| Modulbezeichnung:                            | Methodenkenntnis und Projektplanung  |
| ggf. Kürzel:                                 |  |
| ggf. Untertitel:                             |  |
| ggf. Lehrveranstaltungen:                    | Einzelbetreuung im Forschungslabor   |
| Semester:                                    | Ab 3. Semester   |
| Modulverantwortliche:                        | Studiendekan (Prof. Dr. R. Matzdorf)   |
| Dozent:                                      | Alle Professoren der Physik  |
| Sprache:                                     | Deutsch, z.T. englisch   |
| Zuordnung zum Curriculum:                    | M. Sc. in Physik, Pflichtmodul   |
| Lehrform / SWS:                              | Einzelbetreuung im Forschungslabor, ganztags   |
| Arbeitsaufwand:                              | Präsenzzeit 450 Stunden  |
| Kreditpunkte:                                | 15 Credits (davon 3 Credits für Schlüsselkompetenzen)  |
| Voraussetzungen:                             | F-Praktikum MA<br>Experimentalphysikalisches Seminar<br>Theorieseminar<br>Fachliche Spezialisierung im selben Fachgebiet   |
| Lernziele / Kompetenzen:                     | Erwerb der Fähigkeit ein eigenes Forschungsprojekt zu konzipieren.<br>Fähigkeit die Voraussetzungen für das Gelingen eines eigenen Projektes zu schaffen.  |
| Integrierter Erwerb von Schlüsselkompetenzen | Verbesserung der eigenen Lern- und Arbeitstechniken<br>Ausbau der Teamfähigkeit<br>Kommunikationsfähigkeit in deutsch und englisch<br>internationale und interkulturelle Erfahrung<br>Zeitmanagement<br>Handeln nach den Regeln guter wissenschaftlicher Praxis  |
| Inhalt:                                      | Vertiefung der Kenntnisse in den experimentellen und theoretischen Methoden eines Spezialgebiet der aktuellen internationalen Forschung, das in einem der Fachgebiete am Institut für Physik vertreten ist.<br>Konkrete Planung des eigenen Forschungsvorhabens in Zusammenarbeit mit dem Betreuer.<br>Konstruktion und Beschaffung von benötigten Bauteilen<br>Durchführung von Vorexperimenten.<br>Einarbeitung in die Verfahren zu Modellierung und Simulation die in einer theoretischen Masterarbeit zum Einsatz kommen sollen. |
| Studien-,                                    | Seminarvortrag mit wissenschaftlicher Diskussion   |



|                     |   |
|---------------------|---|
| Prüfungsleistungen: | (insgesamt 30–60 min)   |
| Medienformen:       | Einzelbetreuung im Forschungslabor                            |
| Literatur:          | Wissenschaftliche Literatur aus internationalen Zeitschriften |

## PM 6 Masterarbeit

|  |   |
|--|---|
| Modulbezeichnung:                            | Masterarbeit  |
| ggf. Kürzel:                                 |   |
| ggf. Untertitel:                             |   |
| ggf. Lehrveranstaltungen:                    | Einzelbetreuung im Forschungslabor  |
| Semester:                                    | Ab 3. Semester  |
| Modulverantwortliche:                        | Studiendekan (Prof. Dr. R. Matzdorf)  |
| Dozent:                                      | Alle Professoren der Physik   |
| Sprache:                                     | Deutsch, z.T. englisch  |
| Zuordnung zum Curriculum:                    | M. Sc. in Physik, Pflichtmodul  |
| Lehrform / SWS:                              | Einzelbetreuung im Forschungslabor, ganztags  |
| Arbeitsaufwand:                              | Präsenzzeit 900 Stunden   |
| Kreditpunkte:                                | 30 Credits (davon 10 Credits für Schlüsselkompetenzen)  |
| Voraussetzungen:                             | F-Praktikum MA<br>Experimentalphysikalisches Seminar<br>Theorieseminar<br>Fachliche Spezialisierung im selben Fachgebiet<br>Methodenkenntnis und Projektplanung im selben Fachgebiet  |
| Lernziele / Kompetenzen:                     | Erwerb der Fähigkeit Experimente oder theoretische Methoden in einem physikalischen Spezialgebiet zu konzipieren und durchzuführen, die Ergebnisse im Lichte der verschiedensten physikalischen Phänomene einzuordnen und Schlussfolgerungen für technische Entwicklungen und den Fortschritt der Wissenschaft daraus zu ziehen.<br><br>Erwerb des notwendigen Durchhaltevermögens, um in Forschungs- und Entwicklungsprojekten mit Fehlschlägen, unerwarteten Schwierigkeiten und Verzögerungen umzugehen und ggf. mit modifizierter Strategie dennoch zum Ziel zu kommen.<br><br>Erwerb der Fähigkeit komplexe physikalische Sachverhalte und eigene Forschungsergebnisse im Kontext der aktuellen internationalen Forschung umfassend zu diskutieren und in schriftlicher (Masterarbeit) und mündlicher Form (Vortrag mit freier Diskussion) darzustellen. |
| Integrierter Erwerb von Schlüsselkompetenzen | Projektmanagement<br>Ausbau der Teamfähigkeit<br>Kommunikationsfähigkeit in deutsch und englisch<br>internationale und interkulturelle Erfahrung<br>Zeitmanagement<br>Handeln nach den Regeln guter wissenschaftlicher Praxis   |

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| Inhalt:                          | <p>Durchführung eines Forschungsprojektes (experimentell oder theoretisch).</p> <p>Auswertung der gewonnenen Ergebnisse.</p> <p>Diskussion der Ergebnisse im Kontext der wissenschaftlichen Literatur.</p> <p>Niederschrift einer wissenschaftlichen Arbeit (Masterarbeit) über das Forschungsprojekt.</p> <p>Ausarbeitung eines wissenschaftlichen Vortrags über das Projekt.</p> |
| Studien-,<br>Prüfungsleistungen: | <p>Masterarbeit und Masterkolloquium (ca. 45–60 min incl. wissenschaftlicher Diskussion).</p> <p>Das Masterkolloquium findet im Rahmen eines Arbeitsgruppen-seminars statt. Bei der Benotung der Masterarbeit wird neben der schriftlichen Leistung auch die mündliche Präsentation im Masterkolloquium berücksichtigt.</p>  |
| Medienformen:                    |  |
| Literatur:                       | Wissenschaftliche Literatur aus internationalen Zeitschriften  |

## WT 1 Theoretische Festkörperphysik

|                           |   |
|---------------------------|---|
| Modulbezeichnung:         | Theoretische Festkörperphysik   |
| ggf. Kürzel:              | Theoretische Festkörperphysik   |
| ggf. Untertitel:          |   |
| ggf. Lehrveranstaltungen: | Vorlesung, Übung  |
| Semester:                 | ab 1. Semester  |
| Modulverantwortlicher:    | Studiendekan (Prof. Dr. R. Matzdorf)  |
| Dozenten:                 | Prof. Dr. G. Pastor, Prof. Dr. M. Garcia, Prof. Dr. M. Lein   |
| Sprache:                  | deutsch   |
| Zuordnung zum Curriculum: | M. Sc. in Physik, Wahlpflichtmodul  |
| Lehrform / SWS:           | Vorlesung 4 SWS, Übung 2 SWS  |
| Arbeitsaufwand:           | Präsenzzeit: 6h x 15 = 90h, Selbststudium: 150h, Summe = 240 Stunden  |
| Kreditpunkte:             | 8 Credits   |
| Voraussetzungen:          | Zulassung zum Masterstudium in Physik   |
| Lernziele / Kompetenzen:  | <p>Verständnis der Erhaltungsgrößen in periodischen Systemen. Kenntnisse der Berechnung und Anwendung von Bandstrukturen und Dispersionsfunktionen.</p> <p>Einsicht in die verschiedenen kollektiven Zustände der Materie in der Festkörperphysik: Magnetismus, Supraleitung, Suprafluidität, Quanten-Hall-Effekt.</p> <p>Fähigkeit, die moderne Literatur zur Festkörperphysik zu verstehen.</p>   |
| Inhalt:                   | <p>Translationssymmetrien. Bloch-Theorem in 1D. Schwach periodisches Potential: Lösung der Schrödinger-Gleichung. Kristallstruktur: Bravais-Gitter, Richtungen und Ebenen in Kristallen. Das reziproke Gitter: Fourier-Analyse, die Brillouin-Zone. Bloch-Theorem in 3D. Die Tight-Binding-Näherung. Zustandsdichte und Green-Funktionen: Rekursionsmethode.</p> <p>Fermi-Fläche und Bandstrukturen von Metallen, Halbleitern und Halbmetallen. Oberflächen. Ungeordnete Systeme. Zweite Quantisierung: Bosonen und Fermionen. Dichteoperator. Das Elektronengas. Die Hartree-Fock-Näherung. Phononen. Phonon-Phonon-Wechselwirkung Elektron-Phonon-Wechselwirkung. Fröhlich-Hamiltonian. Supraleitung: das Cooper-Problem, BCS-Theorie. Magnetismus: die Stoner-Theorie, der Hubbard-Hamiltonoperator, Molekularfeld-Näherungen, Antiferromagnetismus, Magnonen. Halbleiter: Exzitonen, Bloch-Gleichungen. Der Kondo-Effekt. Der Quanten-Hall-Effekt. Ladungstransport: der Kubo-Formalismus, die Boltzmann-Gleichung. Spintronics. Physik von Nanostrukturen.</p> |
| Studienleistung           | Erfolgreiche Teilnahme an den Übungen,  |
| Prüfungsleistung          | Klausur (2-3 Stunden) oder mündliche Prüfung (30 min)   |

|               |   |
|---------------|---|
|               | Art der Prüfung, Prüfungstermin und Dauer der Prüfung wird zu Beginn der Veranstaltung mitgeteilt.  |
| Medienformen: | Vorlesung, Tafel, Folien, Beamer  |
| Literatur:    | Festkörperphysik, N. W. Ashcroft and N. D. Mermin, Oldenbourg.<br>Introduction to Solid State Physics, C. Kittel, John Wiley.<br>Quantum Theory of Solids, C. Kittel, John Wiley.<br>Solid State Physics, G. Grosso and G. Pastori Parravicini, Academic Press.<br>Theoretische Festkörperphysik, G. Czycholl, Vieweg.<br>Quantentheorie des Magnetismus I und II, W. Nolting, Teubner<br>Quantenfeldtheorie des Festkörpers, H. Haken, Teubner<br>Electrons and Phonons, J. M. Ziman, Oxford |

## WT 2 Quantenmechanik II

|  |  |
|--|--|
| Modulbezeichnung:                            | Quantenmechanik II   |
| ggf. Kürzel:                                 | Quantenmechanik II   |
| ggf. Untertitel:                             |  |
| ggf. Lehrveranstaltungen:                    | Vorlesung, Übung   |
| Semester:                                    | ab 1. Semester   |
| Modulverantwortlicher:                       | Studiendekan (Prof. Dr. R. Matzdorf)   |
| Dozenten:                                    | Prof. Dr. G. Pastor, Prof. Dr. M. Garcia, Prof. Dr. M. Lein, im Wechsel  |
| Sprache:                                     | deutsch  |
| Zuordnung zum Curriculum:                    | M. Sc. in Physik, Wahlpflichtmodul   |
| Lehrform / SWS:                              | Vorlesung 4 SWS, Übung 2 SWS   |
| Arbeitsaufwand:                              | Präsenzzeit: 6h x 15 = 90h, Selbststudium: 150h, Summe = 240 Stunden   |
| Kreditpunkte:                                | 8 Credits  |
| Voraussetzungen:                             | Zulassung zum Masterstudium in Physik  |
| Lernziele / Kompetenzen:                     | <p>Beherrschung der Theorie nichtrelativistischer quantenmechanischen Phänomene, insbesondere hinsichtlich ihrer physikalischen Interpretation, des zugrundeliegenden mathematischen Formalismus und der Anwendung der wichtigsten Näherungsmethoden.</p> <p>Verständnis der Physik wechselwirkender Vielteilchensysteme. Herstellen des Bewusstseins über die Grenzen der nichtrelativistischen Quantenmechanik und über die Erweiterungen wie Feldquantisierung.</p>   |
| Integrierter Erwerb von Schlüsselkompetenzen | Aus der Vielfalt von Beispielanwendungen statischer und zeitabhängiger Effekte sollen sowohl eine solide methodologische Basis als auch die quantenmechanische Intuition entwickelt werden, die eine reibungslose Fortsetzung des Studium sichern, z.B., in Richtung Statistischer Physik, Festkörperphysik und anderer spezialisierter Forschungsgebiete.   |
| Inhalt:                                      | <p><b>Symmetrien in der Quantenmechanik.</b> Äquivalente Darstellungen. Gruppeneigenschaften. Zeitentwicklung. Parallele Versetzung. Impuls. Darstellung der Drehgruppe. Drehimpulsoperator. Parität. Polare und axiale Vektoren. Auswahlregeln. Zeitumkehrinvarianz. Kramers-Entartung.</p> <p><b>Zeitabhängige Störungstheorie.</b> Wechselwirkungsbild. Dyson-Entwicklung. Konstante und harmonische Störungen. Resonanzbedingung. Fermis Goldene Regel. Photoelektrischer Effekt, Magnetische Resonanz. Linienverbreiterung.</p> <p><b>Bemerkungen zu Messprozessen.</b> Stern-Gerlach-Experimente. Kohärente Spinsysteme. EPR-Paradoxon. Bell-Ungleichungen.</p> <p><b>Identische Teilchen.</b> Symmetrie der Wellenfunktion. Fermionen und Bosonen. Austauschwechselwirkung. He-Atom. Zweite Quantisierung.</p> <p><b>Näherungsmethoden für Elektronensysteme.</b> Hartree-Fock-Näherung. Post-Hartree-Fock-Methoden. Grundbegriffe der Dichtefunktional-Theorie.</p> <p><b>Quantentheorie der elektromagnetischen Strahlung.</b> Kanonische</p> |

|                  |  |
|------------------|--|
|                  | <p>Quantisierung. Photonen. Erzeuger und Vernichter. Licht-Materie-Wechselwirkung. Emission und Absorption.</p> <p><b>Streutheorie.</b> Zeitunabhängiger Formalismus. Lippmann-Schwinger-Gleichung. Bornsche Näherung. Optisches Theorem. Zeitabhängiger Formalismus.</p> <p><b>Ausblick in die relativistische Quantenmechanik.</b> Dirac-Gleichung. Relativistische Kovarianz. Nichtrelativistischer Limes. Das Wasserstoffatom.</p> |
| Studienleistung  | Erfolgreiche Teilnahme an den Übungen,   |
| Prüfungsleistung | Klausur (60–180 min) oder mündliche Prüfung (15–30 min)  |
| Medienformen:    | Vorlesung, Tafel, Folien, Beamer   |
| Literatur:       | <p>Messiah, Quantenmechanik 1 und 2, Gruyter</p> <p>Landau und Lifschitz, Lehrbuch der theoretischen Physik, Bd. 3, Harri Deutsch</p> <p>Sakurai, Modern Quantum Mechanics + Advanced Quantum Mechanics, Addison Wesley</p> <p>Bjorken und Drell, Relativistic Quantum Mechanics, McGraw-Hill</p>  |

## WE 1 Laserphysik und nichtlineare Optik

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Modulbezeichnung:             | Laserphysik und nichtlineare Optik  |
| ggf. Kürzel:                  | Laserphysik   |
| ggf. Untertitel:              |   |
| ggf. Lehrveranstaltungen:     | Vorlesung   |
| Semester:                     | ab 1. Semester  |
| Modulverantwortlicher:        | Prof. Dr. F. Träger   |
| Dozenten:                     | Prof. Dr. F. Träger   |
| Sprache:                      | deutsch   |
| Zuordnung zum Curriculum:     | M. Sc. in Physik, Wahlpflichtmodul  |
| Lehrform / SWS:               | Vorlesung 4 SWS   |
| Arbeitsaufwand:               | Präsenzzeit: 4h x 15 = 60h, Selbststudium: 120h, Summe = 180 Stunden  |
| Kreditpunkte:                 | 6 Credits   |
| Voraussetzungen:              | Zulassung zum Masterstudium in Physik   |
| Lernziele / Kompetenzen:      | <p>Grundlegendes Verständnis der Wirkungsweise von Lasern und der Eigenschaften von Laserlicht.</p> <p>Übersicht über die wichtigsten Lasertypen.</p> <p>Kenntnis der grundlegenden Gesetzmäßigkeiten der nichtlinearen Optik und deren Anwendungen</p>   |
| Inhalt:                       | <p><u>Laserphysik:</u><br/> Wechselwirkung von Licht mit Materie, spontane Emission, induzierte Emission und Absorption, Inversion und deren Erzeugung, Wirkungsweise von Lasern und Masern, Eigenschaften von Laserlicht, Kohärenz, Resonatoren, transversale und longitudinale Resonatormoden, Modenselektion, kontinuierliche und gepulste Laser, Güteschaltung, Modenkopplung, ultrakurzer Laserpulse, Festkörper-, Gas- und Flüssigkeitslaser inklusive Freie-Elektronen- und Röntgenlaser, Laserstabilisierung.</p> <p><u>Nichtlineare Optik:</u><br/> Suszeptibilitätstensoren, Prozesse 2. und 3. Ordnung, Phasenanpassung, Frequenzvervielfachung und -mischung, Optisch Parametrische Oszillatoren, Nichtlineare laserspektroskopische Methoden</p> |
| Studien-, Prüfungsleistungen: | <p>Klausur (1–2 Stunden) oder mündliche Prüfung (30 min)</p> <p>Art der Prüfung, Prüfungstermin und Dauer der Prüfung wird zu Beginn der Veranstaltung mitgeteilt.</p>  |
| Medienformen:                 | Vorlesung, Tafel, Folien  |
| Literatur:                    | F. Träger (Editor): Handbook of Optics, Springer  |



|  |   |
|--|---|
|  | <p>K. Kneubühl, M.W. Sigrist, Laser, Teubner</p> <p>D. Meschede, Optik, Licht und Laser, Teubner</p> <p>Demtröder, Laserspektroskopie, Springer</p> <p>E. Hecht: Optik, Addison-Wesley</p> <p>H. Paul: Nichtlineare Optik, Akademie-Verlag</p> <p>R.W. Boyd: Nonlinear Optics, Academic Press</p> |
|--|---|

## WE 2 Angewandte Halbleiterphysik

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Modulbezeichnung:             | Angewandte Halbleiterphysik  |
| ggf. Kürzel:                  | Halbleiterphysik   |
| ggf. Untertitel:              |  |
| ggf. Lehrveranstaltungen:     | Vorlesung, Übung   |
| Semester:                     | ab 1. Semester   |
| Modulverantwortlicher:        | Prof. Dr. J.P. Reithmaier  |
| Dozenten:                     | Prof. Dr. J.P. Reithmaier  |
| Sprache:                      | deutsch  |
| Zuordnung zum Curriculum:     | M. Sc. in Physik, Wahlpflichtmodul   |
| Lehrform / SWS:               | Vorlesung 3 SWS, Übung 1 SWS   |
| Arbeitsaufwand:               | Präsenzzeit: 4h x 15 = 60h, Selbststudium: 120h, Summe = 180 Stunden   |
| Kreditpunkte:                 | 6 Credits  |
| Voraussetzungen:              | Zulassung zum Masterstudium in Physik  |
| Lernziele / Kompetenzen:      | Grundlegendes Verständnis der Halbleiterphysik<br>Kenntnisse über die Funktionsweise und Herstellungsmethoden der wichtigsten elektronischen bzw. optoelektronischen Bauelemente   |
| Inhalt:                       | Auffrischung der wichtigsten festkörperphysikalischen Grundlagen und Konzepte am Beispiel von Halbleitern<br>Einführung in die Grundlagen der Halbleiterphysik<br>Elektronische und optische Eigenschaften von Halbleitern<br>Herstellung und Eigenschaften von elektronischen und optoelektronischen Bauelementen, z.B. Bipolar und Feldeffekttransistoren, Thyristoren, Quanteneffektbauelemente, Leucht- und Laserdioden, nanostrukturierte Bauelemente, etc. |
| Studien-, Prüfungsleistungen: | Prüfungsleistung: Klausur (ca. 2 Stunden) oder mündliche Prüfung (30 min)<br>Art der Prüfung, Prüfungstermin und Dauer der Prüfung wird zu Beginn der Veranstaltung mitgeteilt.  |
| Medienformen:                 | Vorlesung, Tafel, Folien   |
| Literatur:                    | S.M. Sze, "Semiconductor Devices: Physics and Technology", John Wiley & Sons, 1985.<br>S.M. Sze, "Physics of Semiconductor Devices", John Wiley & Sons, 2nd Edition, 1981.<br>S.M. Sze, "Modern Semiconductor Device Physics", John Wiley & Sons, 1997   |

|  |  |
|--|--|
|  | <p>Rudolf Müller, "Halbleiter-Elektronik, Bd. 1 (Grundlagen der Halbleiterelektronik)", Springer-Verlag, 7. Aufl., 1995.</p> <p>Rudolf Müller, "Halbleiter-Elektronik, Bd. 2 (Bauelemente der Halbleiterelektronik)", Springer-Verlag, 4. Aufl., 1991.</p> <p>Walter Heywang, Hans W. Pötzl, "Halbleiter-Elektronik, Bd. 3 (Bänderstruktur und Stromtransport)", Springer-Verlag, 1976.</p> <p>Günter Winstel, Claus Weyrich, "Halbleiter-Elektronik, Bd. 10 (Optoelektronik I: Lumineszenz- und Laserdioden)", Springer-Verlag, 1980.</p> |
|--|--|

## WE 3 Halbleiterlaser

|  |   |
|--|---|
| Modulbezeichnung:                            | Halbleiterlaser   |
| ggf. Kürzel:                                 | Halbleiterlaser   |
| ggf. Untertitel:                             |   |
| ggf. Lehrveranstaltungen:                    | Vorlesung, Übung  |
| Semester:                                    | ab 1. Semester  |
| Modulverantwortlicher:                       | Prof. Dr. J.P. Reithmaier   |
| Dozenten:                                    | Prof. Dr. J.P. Reithmaier   |
| Sprache:                                     | deutsch   |
| Zuordnung zum Curriculum:                    | M. Sc. in Physik, Wahlpflichtmodul  |
| Lehrform / SWS:                              | Vorlesung 3 SWS, Übung 1 SWS  |
| Arbeitsaufwand:                              | Präsenzzeit: 4h x 15 = 60h, Selbststudium: 120h, Summe = 180 Stunden  |
| Kreditpunkte:                                | 6 Credits   |
| Voraussetzungen:                             | Zulassung zum Masterstudium in Physik   |
| Lernziele / Kompetenzen:                     | Verständnis der Grundlagen der Laserphysik inklusive statischem und dynamischen Verhaltens<br><br>Kenntnisse über die Funktionsweise und Herstellungsmethoden der wichtigsten Halbleiterlasertypen und Überblick über die aktuelle Forschung  |
| Integrierter Erwerb von Schlüsselkompetenzen | Fähigkeit sich selbständig in ein aktuelles Forschungsthema einzuarbeiten, Fachliteratur zu verstehen und die Thematik verständlich zu präsentieren   |
| Inhalt:                                      | Einführung in die Grundlagen der Laserphysik<br><br>Quantenmechanische Beschreibung der optischen Materialverstärkung<br><br>Schwellenbedingung in Halbleiterlasern<br><br>Optische Rückkopplung durch Resonatoren und Gittern<br><br>Beschreibung des dynamischen Verhaltens<br><br>Herstellung und Eigenschaften von speziellen Lasertypen, z.B. DFB-Laser, Hochleistungslaser, Mikrolaser, VCSEL, Quantenpunktlaser und Quantenkaskadenlasern<br><br>Einführung in aktuelle Forschungsthemen |
| Studien-, Prüfungsleistungen:                | Prüfungsleistung: Klausur (ca. 2 Stunden) oder mündliche Prüfung (30 min)<br><br>Art der Prüfung, Prüfungstermin und Dauer der Prüfung wird zu Beginn der Veranstaltung mitgeteilt.   |
| Medienformen:                                | Vorlesung, Tafel, Folien  |

|            |   |
|------------|---|
| Literatur: | <p>L.A. Coldren, S.W. Corzine, "Diode Lasers and Photonic Integrated Circuits", Wiley &amp; Sons, 1995.</p> <p>H. Ghafouri-Shiraz, B.S.K. Lo, "Distributed Feedback Laser Diodes: Principles and Physical Modelling", Wiley &amp; Sons, 1996.</p> <p>A. Yariv, "Optical Electronics in Modern Communications", Oxford Univ. Press, 5. Aufl., 1997.</p> <p>K.J. Ebeling, "Integrierte Optoelektronik", Springer Verlag, 2. Aufl., 1992.</p> <p>R.G. Hunsperger, "Integrated Optics", Springer Verlag, 4. Aufl., 1995.</p> <p>W.W. Chow, St.W. Koch, Murray Sargent III, "Semiconductor -Laser Physics", Springer Verlag, 1994</p> <p>S.M. Sze, "Semiconductor Devices: Physics and Technology", John Wiley &amp; Sons, 1985.</p> |
|------------|---|

## WE 4 Ultrakurze Laserpulse und ihre Anwendung

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Modulbezeichnung:             | Ultrakurze Laserpulse und ihre Anwendung   |
| ggf. Kürzel:                  | Laserpulse   |
| ggf. Untertitel:              |  |
| ggf. Lehrveranstaltungen:     | Vorlesung  |
| Semester:                     | ab 1. Semester   |
| Modulverantwortlicher:        | Prof. Dr. T. Baumert   |
| Dozenten:                     | Prof. Dr. T. Baumert, PD Dr. M. Wollenhaupt  |
| Sprache:                      | deutsch  |
| Zuordnung zum Curriculum:     | M. Sc. in Physik, Wahlpflichtmodul   |
| Lehrform / SWS:               | Vorlesung 2 SWS  |
| Arbeitsaufwand:               | Präsenzzeit: 2h x 15 = 30h, Selbststudium: 60h, Summe = 90 Stunden   |
| Kreditpunkte:                 | 3 Credits  |
| Voraussetzungen:              | Zulassung zum Masterstudium in Physik  |
| Lernziele / Kompetenzen:      | <p>Kennenlernen der Grundlagen zur Erzeugung, Ausbreitung, Manipulation und Charakterisierung ultrakurzer Laserpulse in Theorie und entsprechenden experimentellen Aufbauten.</p> <p>Kennenlernen aktueller Anwendungsgebiete mit Verständnis für die zugrunde liegende Theorie und für die entsprechenden experimentellen Aufbauten, sowie mit einem detaillierten Verständnis der kurzpulsspezifischen Vorzüge für die entsprechenden Gebiete</p>              |
| Inhalt:                       | <p>1. Grundlagen zur Erzeugung, Ausbreitung, Manipulation und Charakterisierung ultrakurzer Laserpulse.</p> <p>2. Anwendungsbeispiele zum Beispiel aus Femtochemie, Reaktionssteuerung, Quantenoptik, 3D-Lichtmikroskopie, (Nano-) Materialbearbeitung und weitere</p>   |
| Studien-, Prüfungsleistungen: | <p>Prüfungsleistung: Klausur (1–2 Stunden) oder mündliche Prüfung (30 min)</p> <p>Art der Prüfung, Prüfungstermin und Dauer der Prüfung wird zu Beginn der Veranstaltung mitgeteilt.</p>   |
| Medienformen:                 | Vorlesung, Tafel, Folien   |
| Literatur:                    | <p>Wollenhaupt M, Assion A, Baumert T. Femtosecond Laser Pulses: Linear Properties, Manipulation, Generation and Measurement. In: Springer Handbook of Lasers and Optics. Springer, 2007: in print. Auf Homepage EPIII erhältlich</p> <p>Brixner T, Pfeifer T, Gerber G, Wollenhaupt M, Baumert T. Optimal Control of Atomic, Molecular and Electron Dynamics With Tailored Femtosecond Laser Pulses. In: "Femtosecond Laser Spectroscopy". Springer Verlag,</p> |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>2005: 225–266. Auf Homepage EPIII erhältlich</p> <p>Rulliere C. Femtosecond Laser Pulses. Principles and Experiments. Berlin: Springer, 2004.</p> <p>Diels JC, Rudolph W. Ultrashort Laser Pulse Phenomenon : Fundamentals, Techniques, and Applications on a Femtosecond Time Scale (Optics and Photonics Series). Academic Press, 2006.</p> <p>Trebino R. Frequency-Resolved Optical Gating: The Measurement of Ultrashort Laser Pulses. Norwell, Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 2000.</p> |
|--|---|

## WE 5 Dünnschichtphysik und Physik mit Synchrotronstrahlung

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Modulbezeichnung:         | Dünnschichtphysik und Physik mit Synchrotronstrahlung  |
| ggf. Kürzel:              | Dünne Schichten  |
| ggf. Untertitel:          |  |
| ggf. Lehrveranstaltungen: | Vorlesung  |
| Semester:                 | ab 1. Semester   |
| Modulverantwortlicher:    | Prof. Dr. A. Ehresmann   |
| Dozenten:                 | Prof. Dr. A. Ehresmann   |
| Sprache:                  | deutsch  |
| Zuordnung zum Curriculum: | M. Sc. in Physik, Wahlpflichtmodul   |
| Lehrform / SWS:           | Vorlesung 2 SWS  |
| Arbeitsaufwand:           | Präsenzzeit: 2h x 15 = 30h, Selbststudium: 60h, Summe = 90 Stunden   |
| Kreditpunkte:             | 3 Credits  |
| Voraussetzungen:          | Zulassung zum Masterstudium in Physik  |
| Lernziele / Kompetenzen:  | <p>Grundlegende Kenntnisse und Überblick über Abscheide- und Charakterisierungsmethoden dünner Schichten</p> <p>Verständnis elektrischer, mechanischer und magnetischer Eigenschaften dünner Schichten und Kenntnis von Verfahren zu deren gezielter Manipulation</p> <p>Kenntnisse über magnetische Kopplungsphänomene zwischen dünnen Schichten und deren Einsatz in der Technik</p> <p>Grundlegende Kenntnisse über die Eigenschaften von Synchrotronstrahlung und Überblick über deren Einsatzmöglichkeiten</p> <p>Kenntnisse von elementspezifischen Analysemethoden zur Materialuntersuchung mit Hilfe von Synchrotronstrahlung</p> <p>Prinzipielle Kenntnisse über den Ablauf von Lithografieprozessen, speziell der Röntgenlithografie und des LIGA-Verfahrens</p> |
| Inhalt:                   | <p>Die Vorlesung wird mit jährlichem Schwerpunktswechsel „Dünne Schichten“ bzw. „Physik mit Synchrotronstrahlung“ gehalten:</p> <p><b>Dünnschichtphysik</b></p> <p>Abscheidungstechniken</p> <p>Schichtwachstum</p> <p>Analysemethoden für dünne Schichten</p> <p>Elektrische, mechanische und magnetische Eigenschaften dünner Schichten</p> <p>Magnetische Anisotropien Exchange-Bias</p> <p>Zwischenschichtaustauschkopplung</p> <p>Magnetowiderstandseffekte</p> <p>Magnetische Strukturierung</p>   |



|                                  |  |
|----------------------------------|--|
|                                  | <p><b>Physik mit Synchrotronstrahlung</b></p> <p>Theorie der Synchrotronstrahlung<br/> Aufbau einer Anlage zur Erzeugung von Synchrotronstrahlung<br/> Wiggler und Undulatoren<br/> Free-Electron-Laser<br/> Röntgenfluoreszenzanalyse<br/> EXAFS, NEXAFS<br/> Magnetischer Röntgendichroismus<br/> LIGA-Verfahren und Röntgenlithografie</p>  |
| Studien-,<br>Prüfungsleistungen: | <p>Prüfungsleistung: Klausur (1–2 Stunden) oder mündliche Prüfung (30 min)</p> <p>Art der Prüfung, Prüfungstermin und Dauer der Prüfung wird zu Beginn der Veranstaltung mitgeteilt.</p>   |
| Medienformen:                    | Vorlesung, Tafel, Folien, Beamer   |
| Literatur:                       | <p><b>Dünnschichtphysik</b></p> <p>M. Ohring: The Materials Science of Thin Films, Academic Press, 2002, 2. Auflage<br/> D. L. Smith: Thin-Film Deposition, McGraw Hill, 1995<br/> K. N. Tu: Electronic Thin Film Science, McMillan 1992<br/> R. C. O'Handley: Modern Magnetic Materials, Wiley 2000</p> <p><b>Synchrotronstrahlung</b></p> <p>Synchrotron Light (CD), Springer Verlag<br/> K. Wille: Physik der Teilchenbeschleuniger und Synchrotronstrahlungsquellen, Teubner Verlag<br/> J.D. Jackson: Classical Electrodynamics, Wiley<br/> C. Kunz (Editor): Synchrotron Radiation, Springer Verlag<br/> P.J. Duke: Synchrotron Radiation: Production and Properties, Oxford Science</p> |

## WE 6 Oberflächenphysik

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Modulbezeichnung:             | Oberflächenphysik  |
| ggf. Kürzel:                  |  |
| ggf. Untertitel:              |  |
| ggf. Lehrveranstaltungen:     | Vorlesung  |
| Semester:                     | ab 1. Semester   |
| Modulverantwortlicher:        | Prof. Dr. R. Matzdorf  |
| Dozenten:                     | Prof. Dr. R. Matzdorf  |
| Sprache:                      | deutsch  |
| Zuordnung zum Curriculum:     | M. Sc. in Physik, Wahlpflichtmodul   |
| Lehrform / SWS:               | Vorlesung 2 SWS  |
| Arbeitsaufwand:               | Präsenzzeit: 2h x 15 = 30h, Selbststudium: 60h, Summe = 90 Stunden   |
| Kreditpunkte:                 | 3 Credits  |
| Voraussetzungen:              | Zulassung zum Masterstudium in Physik  |
| Lernziele / Kompetenzen:      | <p>Kenntnis der Funktionsweise und des Potentials experimenteller Techniken aus der Oberflächenphysik.</p> <p>Kenntnis der Methoden zur Beschreibung von Oberflächen und ihrer Eigenschaften.</p> <p>Fähigkeit zur Argumentation im Ortsraum und reziprokem Raum.</p>  |
| Inhalt:                       | <p><b>Experimentelle Methoden der Oberflächenphysik</b></p> <p>Beugung langsamer Elektronen (LEED)<br/> Photoelektronenspektroskopie (XPS)<br/> Auger-Elektronenspektroskopie (AES)<br/> Winkelaufgelöste Photoelektronenspektroskopie (ARPES)<br/> Rastertunnelmikroskopie und -spektroskopie (STM / STS)<br/> Thermodesorptionspektroskopie (TDS)</p> <p><u>Systeme und Effekte:</u><br/> Elektronische Oberflächenzustände<br/> Adsorbatsysteme<br/> Rekonstruktion von Oberflächen</p> |
| Studien-, Prüfungsleistungen: | <p>Prüfungsleistung: Klausur (1–2 Stunden) oder mündliche Prüfung (30 min)</p> <p>Art der Prüfung, Prüfungstermin und Dauer der Prüfung wird zu Beginn der Veranstaltung mitgeteilt.</p>   |
| Medienformen:                 | Vorlesung, Tafel, Folien, Beamer   |
| Literatur:                    | G. Ertl und J. Küppers, Low energy electrons and surface chemistry, VCH-Verlag   |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>M. Henzler, Oberflächenphysik des Festkörpers, Teubner, 1994</p> <p>Surface Crystallography, L. J. Clarke, Wiley, 1985</p> <p>Electron Spectroscopy for Surface Analysis, H. Ibach (Editor), Springer, 1997</p> <p>Fundamentals of Surface and Thin Film Analysis, L. C. Feldmann and J. W. Mayer, North-Holland, 1986</p> <p>Handbook of Surface Science, K. Horn and M. Scheffler, North-Holland, 2000</p> <p>Physics of Surfaces and Interfaces, H. Ibach, Springer, 2006</p> |
|--|---|

## WE 7 Astrophysik/Astronomie

|                           |   |
|---------------------------|---|
| Modulbezeichnung:         | Astrophysik/Astronomie  |
| ggf. Kürzel:              | Astrophysik   |
| ggf. Untertitel:          |   |
| ggf. Lehrveranstaltungen: | Zwei Vorlesungen  |
| Semester:                 | ab 1. Semester  |
| Modulverantwortlicher:    | Studiendekan (Prof. Dr. R. Matzdorf)  |
| Dozenten:                 | Prof. Dr. Bosch, Prof. Dr. B. Fricke  |
| Sprache:                  | deutsch   |
| Zuordnung zum Curriculum: | M. Sc. in Physik, Wahlpflichtmodul  |
| Lehrform / SWS:           | Vorlesung 4 SWS verteilt auf 2 Semester   |
| Arbeitsaufwand:           | Präsenzzeit: 4h x 15 = 60h, Selbststudium: 120h, Summe = 180 Stunden  |
| Kreditpunkte:             | 6 Credits   |
| Voraussetzungen:          | Zulassung zum Masterstudium in Physik   |
| Lernziele / Kompetenzen:  | <p>Wie an keiner anderer Stelle in der Physik wird in der Astronomie und Astrophysik das Zusammenwirken fast aller Gebiete der Physik deutlich: Atom- und Molekülphysik, Plasma- und Kernphysik, Elementarteilchenphysik sowie theoretische Konzepte aus der klassischen Mechanik bis zur Relativitätstheorie, von der Spektroskopie bis zur Stoßphysik.</p> <p>In dieser Veranstaltung kommt es auf den Überblick und die Prinzipien sowie das Zusammenspiel der diversen Teilgebiete an.</p>  |
| Inhalt:                   | <p>1. Teil</p> <p>Koordinatensysteme: azimutale, äquatoriale und ekliptikale und deren Umrechnungen; Ursprung und Verständnis der Präzession und Nutation der Erde; Zeit und Zeitrechnung: Definition; Tag und dessen Ungleichheit im Ablauf, Siderisches, tropisches und anomalistisches Jahr. Julianischer und Gregorianischer Kalender sowie deren Definition mit kulturhistorischen Rückblick. Mondbahn sowie Sonnen- und Mondfinsternisse mit Saroszyklus.</p> <p>Planetenbewegung und deren Bahnelemente. Neuere Methoden in der Planetenastronomie (Radarecho, Delay-Doppler-Methode etc).</p> <p>Besprechung der Physischen Eigenschaften der Planeten mit Behandlung des Vielkörperproblems am Beispiel der Trojaner; Kometen und Meteore.</p> <p>2. Teil</p> <p>Physik der Sonne und der Sterne; Strahlungstheorie und deren Gesetze; Scheinbare und wahre Helligkeiten; Farbindices; Hertzsprung-Russell Diagramm, Leuchtkraftklassen, Masse-Leuchtkraftbeziehung; Doppelsterne und Bedeckungsveränderliche, Massenaustausch,; Novae, Supernovae und Pulsare. Beobachtungsinstrumente: Refraktoren, Reflektoren, Radioastronomie sowie Detektoren in anderen</p> |

|                               |   |
|-------------------------------|---|
|                               | <p>Wellenlängenbereichen; Interferenzmethoden.</p> <p>Thermische Anregung und Ionisation in Plasmen; T- und p-Verteilung in Sternatmosphären. Rechnungen zur Sternentwicklung: Aufstellung der Differentialgleichungen. Kernprozesse: Fusion und Spaltung, p-p-Prozesse, Bethe-Weiszäcker Prozess, Fusion der Elemente oberhalb von Eisen mit s- und r-Prozess. Diskussion der Ergebnisse dieser Rechnungen anhand von Originalpublikationen, die das Vorgehen der Wissenschaft deutlich lässt.</p> |
| Studien-, Prüfungsleistungen: | <p>Prüfungsleistung: Klausur (1–2 Stunden) oder mündliche Prüfung (30 min)</p> <p>Art der Prüfung, Prüfungstermin und Dauer der Prüfung wird zu Beginn der Veranstaltung mitgeteilt.</p>  |
| Medienformen:                 | Vorlesung, Tafel, Folien, Beamer  |
| Literatur:                    | <p>H.H. Voigt: Abriss der Astronomie, BI Taschenbuch</p> <p>H. Scheffler und H. Elsässer: Physik der Sterne und der Sonne, BI Taschenbuch</p> <p>A. Unsöld: Der neue Kosmos, Springer Taschenbuch 16/17</p> <p>R. und H. Sexl: Weiße Zwerge – Schwarze Löcher, rororo Vieweg und viele mehr</p>   |

This Diploma Supplement model was developed by the European Commission, Council of Europe and UNESCO/ CEPES. The purpose of the supplement is to provide sufficient independent data to improve the international 'transparency' and fair academic and professional recognition of qualifications (diplomas, degrees, certificates etc.). It is designed to provide a description of the nature, level, context, content and status of the studies that were pursued and successfully completed by the individual named on the original qualification to which this supplement is appended. It should be free from any value judgements, equivalence statements or suggestions about

## Diploma Supplement

### 1. Holder of the Qualification

- 1.1 Family name(s)
  - 1.2 First name(s)
  - 1.3 Date of Birth (day, month, year)
  - 1.4 Place of Birth
  - 1.5 Country of Birth
  - 1.6 Student ID Number or person Code
- 

### 2. Qualification

- |  |   |
|--|---|
| 2.1 Name of Qualification                  | Bachelor of Science   |
| Qualification Abbreviated                  | B. Sc.  |
| Name of Title                              | Bachelor of Science   |
| Title Abbreviated                          | B. Sc.  |
| 2.2 Main Field(s) of Study                 | Physics   |
| 2.3 Institution Awarding the Qualification | University of Kassel  |
| Department of                              | Department of Science   |
| Status (Type/Control)                      | University / State Institution  |
| 2.4 Institution Administering Studies      | University of Kassel, Department of Science   |
| Status (Type/Control)                      | University / State Institution  |
| 2.5 Language of Instruction/ Examination   | German  |
| <br>                                       |   |
| <b>3. Level of Qualification</b>           | First Cycle Qualification   |
| 3.1 Level of Qualification                 | Three years   |
| 3.2 Official Length of Program             | Secondary school leaving examination as "Allgemeine Hochschulreife" or "Fachgebundene Hochschulreife" or "Fachhochschulreife" or equivalent, cf. Sec. 8.7 |
| 3.3 Access Requirement(s)                  |   |

## Diploma Supplement

**U N I K A S S E L**  
**V E R S I T Ä T**

#### 4. Contents and Results Gained

##### 4.1 Mode of Study

Full-time

##### 4.2 Program Requirements/ Qualification Profile of the Graduate

The program contains compulsory modules in the following fields:  
Experimental Physics (34 Credits)  
Theoretical physics (32 Credits)  
Mathematics (36 Credits)  
Lab-courses (30 Credits)  
and modules with 21 Credits in interdisciplinary fields.

Learning outcomes: well-grounded knowledge and core competencies in physics

In detail see "Bachelor Certificate" for list of courses.

##### 4.3 Program Details

##### 4.4 Grading Scheme

Grading scheme cf. Sec. 8.6. In order to get a better differentiation, grades can be raised or lowered by 0.3 to intermediate values; however, the following grades are not permitted: 0.7, 4.3, 4.7, 5.3  
Additionally: ECTS Grading scheme cf. Sec 8.6

##### 4.5 Overall Classification

Sehr gut / gut / befriedigend / ausreichend  
Based on the accumulation of grades received during the study program and the bachelor thesis.

#### 5. Function of the Qualification

##### 5.1 Access to Further Study

Qualification to apply for a Master program

##### 5.2 Professional Status

The bachelor-degree is a first job qualification degree. It qualifies for professional work in fields related to physics.

## Diploma Supplement

**U N I K A S S E L**  
**V E R S I T Ä T****6. Additional Information**

## 6.1 Additional Information

## 6.2 Further Information Sources

<http://www.physik.uni-kassel.de>

**7. Certification**

This Diploma Supplement refers to the following original documents:

Urkunde über die Verleihung des Grades Bachelor of Science vom [date]

Prüfungszeugnis vom [date]

Transcript of Records vom [date]

Certification Date

Official Stamp /  
Seal

Chairman Examination  
Committee



## 8. Information on the German National Higher Education System<sup>1</sup>

### 8.1 Types of Institutions and Institutional Status

Higher education (HE) studies in Germany are offered at three types of Higher Education Institutions (HEI).<sup>2</sup>

– *Universitäten* (Universities) including various specialized institutions, offer the whole range of academic disciplines. In the German tradition, universities focus in particular on basic research so that advanced stages of study have mainly theoretical orientation and research-oriented components.

– *Fachhochschulen* (Universities of Applied Sciences) concentrate their study programmes in engineering and other technical disciplines, business-related studies, social work, and design areas. The common mission of applied research and development implies a distinct application-oriented focus and professional character of studies, which include integrated and supervised work assignments in industry, enterprises or other relevant institutions.

– *Kunst- und Musikhochschulen* (Universities of Art/Music) offer studies for artistic careers in fine arts, performing arts and music; in such fields as directing, production, writing in theatre, film, and other media; and in a variety of design areas, architecture, media and communication.

Higher Education Institutions are either state or state-recognized institutions. In their operations, including the organization of studies and the designation and award of degrees, they are both subject to higher education legislation.

### 8.2 Types of Programmes and Degrees Awarded

Studies in all three types of institutions have traditionally been offered in integrated "long" (one-tier) programmes leading to *Diplom-* or *Magister Artium* degrees or completed by a *Staatsprüfung* (State Examination).

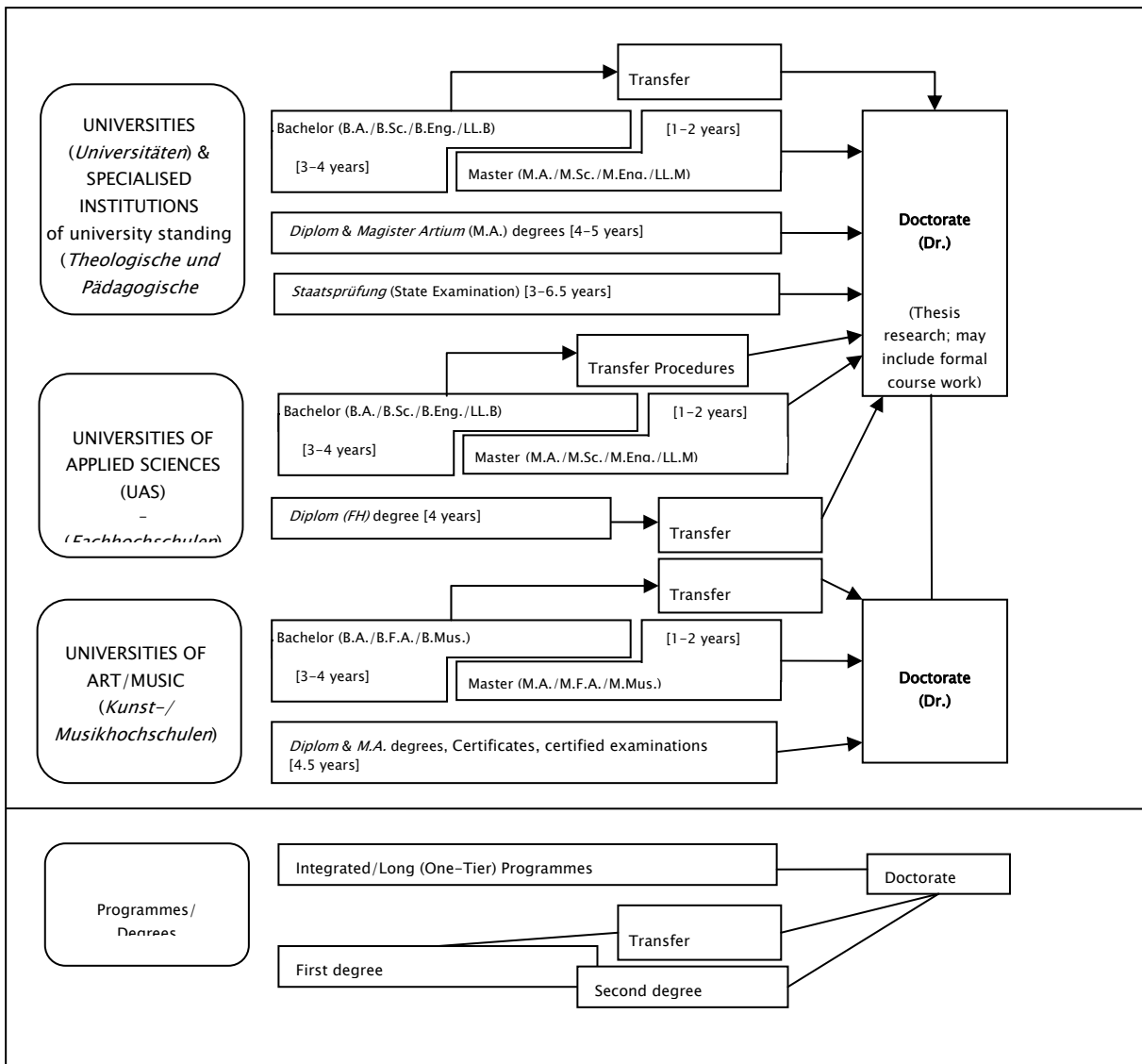
Within the framework of the Bologna-Process one-tier study programmes are successively being replaced by a two-tier study system. Since 1998, a scheme of first- and second-level degree programmes (Bachelor and Master) was introduced to be offered parallel to or instead of integrated "long" programmes. These programmes are designed to provide enlarged variety and flexibility to students in planning and pursuing educational objectives, they also enhance international compatibility of studies.

For details cf. Sec. 8.4.1, 8.4.2, and 8.4.3 respectively. Table 1 provides a synoptic summary.

### 8.3 Approval/Accreditation of Programmes and Degrees

To ensure quality and comparability of qualifications, the organization of studies and general degree requirements have to conform to principles and regulations established by the Standing Conference of the Ministers of Education and Cultural Affairs of the *Länder* in the Federal Republic of Germany (KMK).<sup>3</sup> In 1999, a system of accreditation for programmes of study has become operational under the control of an Accreditation Council at national level. All new programmes have to be accredited under this scheme; after a successful accreditation they receive the quality-label of the Accreditation Council.<sup>4</sup>

Table 1: Institutions, Programmes and Degrees in German Higher Education



## 8.4 Organization and Structure of Studies

The following programmes apply to all three types of institutions. Bachelor's and Master's study courses may be studied consecutively, at various higher education institutions, at different types of higher education institutions and with phases of professional work between the first and the second qualification. The organization of the study programmes makes use of modular components and of the European Credit Transfer and Accumulation System (ECTS) with 30 credits corresponding to one semester.

### 8.4.1 Bachelor

Bachelor degree study programmes lay the academic foundations, provide methodological skills and lead to qualifications related to the professional field. The Bachelor degree is awarded after 3 to 4 years.

The Bachelor degree programme includes a thesis requirement. Study courses leading to the Bachelor degree must be accredited according to the Law establishing a Foundation for the Accreditation of Study Programmes in Germany.<sup>5</sup> First degree programmes (Bachelor) lead to Bachelor of Arts (B.A.), Bachelor of Science (B.Sc.), Bachelor of Engineering (B.Eng.), Bachelor of Laws (LL.B.), Bachelor of Fine Arts (B.F.A.) or Bachelor of Music (B.Mus.).

### 8.4.2 Master

Master is the second degree after another 1 to 2 years. Master study programmes must be differentiated by the profile types "more practice-oriented" and "more research-oriented". Higher Education Institutions define the profile of each Master study programme.

The Master degree study programme includes a thesis requirement. Study programmes leading to the Master degree must be accredited according to the Law establishing a Foundation for the Accreditation of Study Programmes in Germany.<sup>6</sup> Second degree programmes (Master) lead to Master of Arts (M.A.), Master of Science (M.Sc.), Master of Engineering (M.Eng.), Master of Laws (L.L.M), Master of Fine Arts (M.F.A.) or Master of Music (M.Mus.). Master study programmes, which are designed for continuing education or which do not build on the preceding Bachelor study programmes in terms of their content, may carry other designations (e.g. MBA).

### 8.4.3 Integrated "Long" Programmes (One-Tier): *Diplom degrees, Magister Artium, Staatsprüfung*

An integrated study programme is either mono-disciplinary (*Diplom* degrees, most programmes completed by a *Staatsprüfung*) or comprises a combination of either two major or one major and two minor fields (*Magister Artium*). The first stage (1.5 to 2 years) focuses on broad orientations and foundations of the field(s) of study. An Intermediate Examination (*Diplom-Vorprüfung* for *Diplom* degrees; *Zwischenprüfung* or credit requirements for the *Magister Artium*) is prerequisite to enter the second stage of advanced studies and specializations. Degree requirements include submission of a thesis (up to 6 months duration) and comprehensive final written and oral examinations. Similar regulations apply to studies leading to a *Staatsprüfung*. The level of qualification is equivalent to the Master level.

– Integrated studies at *Universitäten (U)* last 4 to 5 years (*Diplom* degree, *Magister Artium*) or 3 to 6.5 years (*Staatsprüfung*). The *Diplom* degree is awarded in engineering disciplines, the natural sciences as well as economics and business. In the humanities, the corresponding degree is usually the *Magister Artium* (M.A.). In the social sciences, the practice varies as a matter of institutional traditions. Studies preparing for the legal, medical, pharmaceutical and teaching professions are completed by a *Staatsprüfung*.

The three qualifications (*Diplom*, *Magister Artium* and *Staatsprüfung*) are academically equivalent. They qualify to apply for admission to doctoral studies. Further prerequisites for admission may be defined by the Higher Education Institution, cf. Sec. 8.5.

– Integrated studies at *Fachhochschulen (FH)*/Universities of Applied Sciences (UAS) last 4 years and lead to a *Diplom (FH)* degree. While the *FH/UAS* are non-doctorate granting institutions, qualified graduates may apply for admission to doctoral studies at doctorate-granting institutions, cf. Sec. 8.5.

– Studies at *Kunst- and Musikhochschulen* (Universities of Art/Music etc.) are more diverse in their organization, depending on the field and individual objectives. In addition to *Diplom/Magister* degrees, the integrated study programme awards include Certificates and

certified examinations for specialized areas and professional purposes.

### 8.5 Doctorate

Universities as well as specialized institutions of university standing and some Universities of Art/Music are doctorate-granting institutions. Formal prerequisite for admission to doctoral work is a qualified Master (UAS and U), a *Magister* degree, a *Diplom*, a *Staatsprüfung*, or a foreign equivalent. Particularly qualified holders of a Bachelor or a *Diplom (FH)* degree may also be admitted to doctoral studies without acquisition of a further degree by means of a procedure to determine their aptitude. The universities respectively the doctorate-granting institutions regulate entry to a doctorate as well as the structure of the procedure to determine aptitude. Admission further requires the acceptance of the Dissertation research project by a professor as a supervisor.

### 8.6 Grading Scheme

The grading scheme in Germany usually comprises five levels (with numerical equivalents; intermediate grades may be given): "*Sehr Gut*" (1) = Very Good; "*Gut*" (2) = Good; "*Befriedigend*" (3) = Satisfactory; "*Ausreichend*" (4) = Sufficient; "*Nicht ausreichend*" (5) = Non-Sufficient/Fail. The minimum passing grade is "*Ausreichend*" (4). Verbal designations of grades may vary in some cases and for doctoral degrees.

In addition institutions may already use the ECTS grading scheme, which operates with the levels A (best 10 %), B (next 25 %), C (next 30 %), D (next 25 %), and E (next 10 %).

### 8.7 Access to Higher Education

The General Higher Education Entrance Qualification (*Allgemeine Hochschulreife, Abitur*) after 12 to 13 years of schooling allows for admission to all higher educational studies. Specialized variants (*Fachgebundene Hochschulreife*) allow for admission to particular disciplines. Access to *Fachhochschulen* (UAS) is also possible with a *Fachhochschulreife*, which can usually be acquired after 12 years of schooling. Admission to Universities of Art/Music may be based on other or require additional evidence demonstrating individual aptitude.

Higher Education Institutions may in certain cases apply additional admission procedures.

### 8.8 National Sources of Information

- *Kultusministerkonferenz (KMK)* [Standing Conference of the Ministers of Education and Cultural Affairs of the *Länder* in the Federal Republic of Germany]; Lennéstrasse 6, D-53113 Bonn; Fax: +49[0]228/501-229; Phone: +49[0]228/501-0
- Central Office for Foreign Education (ZaB) as German NARIC; www.kmk.org; E-Mail: zab@kmk.org
- "Documentation and Educational Information Service" as German EURYDICE-Unit, providing the national dossier on the education system (www.kmk.org/doku/bildungswesen.htm; E-Mail: eurydice@kmk.org)
- *Hochschulrektorenkonferenz (HRK)* [German Rectors' Conference]; Ahrstrasse 39, D-53175 Bonn; Fax: +49[0]228/887-110; Phone: +49[0]228/887-0; www.hrk.de; E-Mail: sekr@hrk.de
- "Higher Education Compass" of the German Rectors' Conference features comprehensive information on institutions, programmes of study, etc. ([www.higher-education-compass.de](http://www.higher-education-compass.de))

<sup>1</sup> The information covers only aspects directly relevant to purposes of the Diploma Supplement. All information as of 1 July 2005.

<sup>1</sup> *Berufsakademien* are not considered as Higher Education Institutions, they only exist in some of the *Länder*. They offer educational programmes in close cooperation with private companies. Students receive a formal degree and carry out an apprenticeship at the company. Some *Berufsakademien* offer Bachelor courses which are recognized as an academic degree if they are accredited by a German accreditation agency.

<sup>1</sup> Common structural guidelines of the *Länder* as set out in Article 9 Clause 2 of the Framework Act for Higher Education (HRG) for the accreditation of Bachelor's and Master's study courses (Resolution of the Standing Conference of the Ministers of Education and Cultural Affairs of the *Länder* in the Federal Republic of Germany of 10.10.2003, as amended on 21.4.2005).

<sup>1</sup> "Law establishing a Foundation 'Foundation for the Accreditation of Study

Programmes in Germany”, entered into force as from 26.2.2005, GV. NRW. 2005, nr. 5, p. 45 in connection with the Declaration of the *Länder* to the Foundation “Foundation: Foundation for the Accreditation of Study Programmes in Germany” (Resolution of the Standing Conference of the Ministers of Education and Cultural Affairs of the *Länder* in the Federal Republic of Germany of 16.12.2004.

<sup>1</sup> See note No. 4.

<sup>1</sup> See note No. 4.

This Diploma Supplement model was developed by the European Commission, Council of Europe and UNESCO/ CEPES. The purpose of the supplement is to provide sufficient independent data to improve the international ‘transparency’ and fair academic and professional recognition of qualifications (diplomas, degrees, certificates etc.). It is designed to provide a description of the nature, level, context, content and status of the studies that were pursued and successfully completed by the individual named on the original qualification to which this supplement is appended. It should be free from any value judgements, equivalence statements or suggestions about

**Diploma Supplement**

**1. Holder of the Qualification**

1.1 Family name(s)

1.2 First name(s)

1.3 Date of Birth (day, month, year)

1.4 Place of Birth

1.5 Country of Birth

1.6 Student ID Number or person Code

**2. Qualification**

2.1 Name of Qualification

Master of Science

Qualification  
Abbreviated

M. Sc.

Name of Title

Master of Science

Title Abbreviated

M. Sc.

2.2 Main Field(s) of Study

Physics

2.3 Institution Awarding  
the Qualification

University of Kassel

Department of

Department of Science

Status (Type/Control)

University / State Institution

2.4 Institution  
Administering Studies

University of Kassel, Department of Science

Status (Type/Control)

University / State Institution

2.5 Language of  
Instruction/  
Examination

German

**3. Level of Qualification**

Graduate / Second Cycle Qualification with research-related thesis

3.1 Level of Qualification

Two years

3.2 Official Length of  
Program

Bachelor degree or equivalent in physics and a particular qualification for a master program in physics.

3.3 Access Requirement(s)

**4. Contents and Results Gained**

4.1 Mode of Study

Full-time

4.2 Program Requirements/  
 Qualification Profile of  
 the Graduate

The Master program consists of one year education in advanced physics and one year working in a research lab.  
 The master program contains modules from the following fields:  
 Experimental physics (21–38 Credits)  
 Theoretical physics (12–29 Credits)  
 Non-physical fields (10–12 Credits)  
 Research in experimental or theoretical physics (60 Credits)

In detail see “Master Certificate” for list of courses.

4.3 Program Details

4.4 Grading Scheme

Grading scheme cf. Sec. 8.6. In order to get a better differentiation, grades can be raised or lowered by 0.3 to intermediate values; however, the following grades are not permitted: 0.7, 4.3, 4.7, 5.3  
 Additionally: ECTS Grading scheme cf. Sec 8.6

4.5 Overall Classification

Sehr gut / gut / befriedigend / ausreichend  
 Based on the accumulation of grades received during the study program and the master thesis.

**5. Function of the Qualification**

Qualification to apply for doctoral studies.

5.1 Access to Further Study

The Master-degree is a second job qualification degree. It qualifies for professional work in physics.

5.2 Professional Status

**6. Additional Information**

6.1 Additional Information

6.2 Further Information Sources

<http://www.physik.uni-kassel.de>

**7. Certification**

This Diploma Supplement refers to the following original documents:

Urkunde über die Verleihung des Grades Master of Science vom [date]

Prüfungszeugnis vom [date]

Transcript of Records vom [date]

Certification Date

Official Stamp / Seal

Chairman Examination Committee



## 8. Information on the German National Higher Education System<sup>7</sup>

### 8.1 Types of Institutions and Institutional Status

Higher education (HE) studies in Germany are offered at three types of Higher Education Institutions (HEI).<sup>8</sup>

– *Universitäten* (Universities) including various specialized institutions, offer the whole range of academic disciplines. In the German tradition, universities focus in particular on basic research so that advanced stages of study have mainly theoretical orientation and research-oriented components.

– *Fachhochschulen* (Universities of Applied Sciences) concentrate their study programmes in engineering and other technical disciplines, business-related studies, social work, and design areas. The common mission of applied research and development implies a distinct application-oriented focus and professional character of studies, which include integrated and supervised work assignments in industry, enterprises or other relevant institutions.

– *Kunst- und Musikhochschulen* (Universities of Art/Music) offer studies for artistic careers in fine arts, performing arts and music; in such fields as directing, production, writing in theatre, film, and other media; and in a variety of design areas, architecture, media and communication.

Higher Education Institutions are either state or state-recognized institutions. In their operations, including the organization of studies and the designation and award of degrees, they are both subject to higher education legislation.

### 8.2 Types of Programmes and Degrees Awarded

Studies in all three types of institutions have traditionally been offered in integrated "long" (one-tier) programmes leading to *Diplom-* or *Magister Artium* degrees or completed by a *Staatsprüfung* (State Examination).

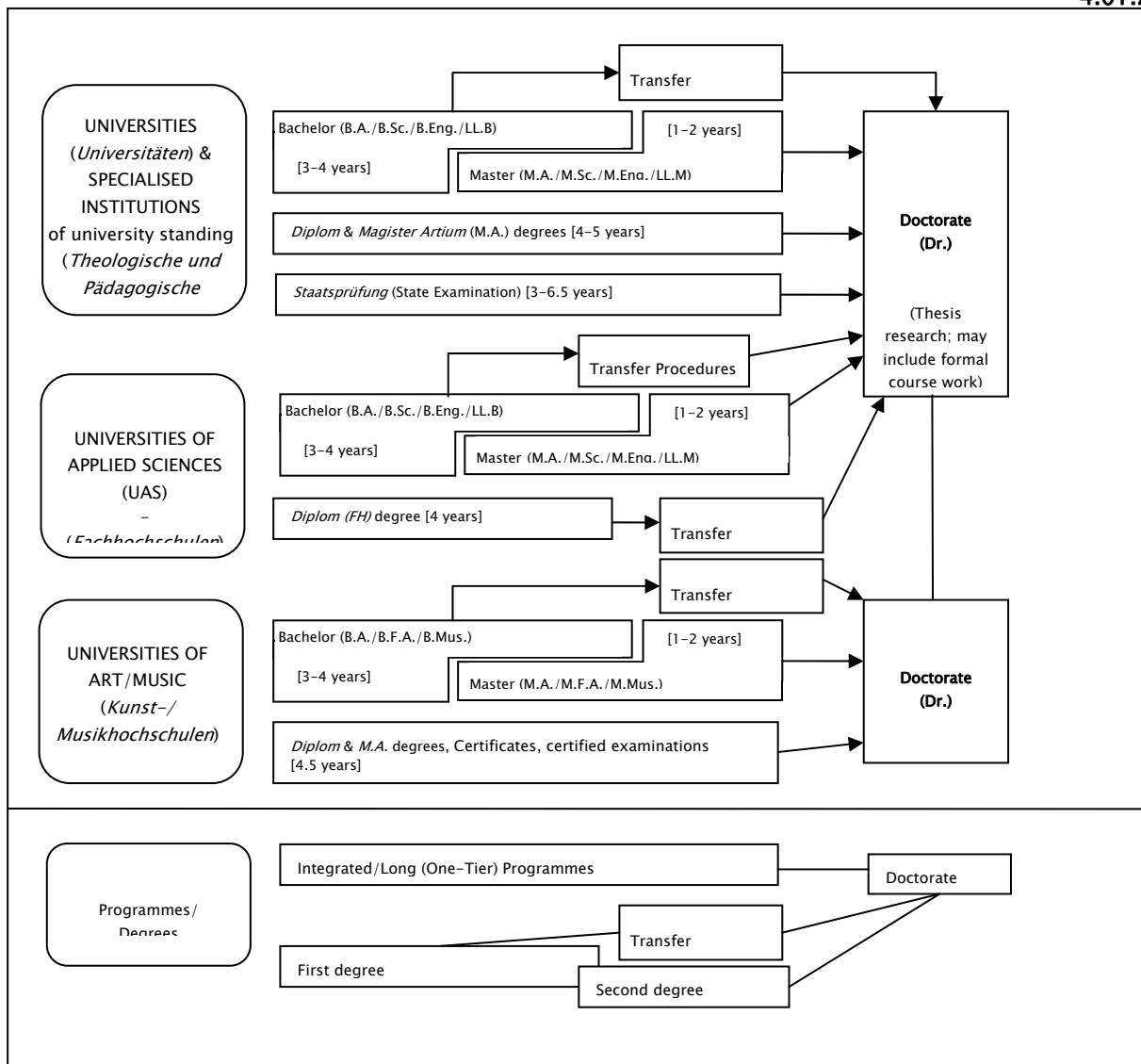
Within the framework of the Bologna-Process one-tier study programmes are successively being replaced by a two-tier study system. Since 1998, a scheme of first- and second-level degree programmes (Bachelor and Master) was introduced to be offered parallel to or instead of integrated "long" programmes. These programmes are designed to provide enlarged variety and flexibility to students in planning and pursuing educational objectives, they also enhance international compatibility of studies.

For details cf. Sec. 8.4.1, 8.4.2, and 8.4.3 respectively. Table 1 provides a synoptic summary.

### 8.3 Approval/Accreditation of Programmes and Degrees

To ensure quality and comparability of qualifications, the organization of studies and general degree requirements have to conform to principles and regulations established by the Standing Conference of the Ministers of Education and Cultural Affairs of the *Länder* in the Federal Republic of Germany (KMK).<sup>9</sup> In 1999, a system of accreditation for programmes of study has become operational under the control of an Accreditation Council at national level. All new programmes have to be accredited under this scheme; after a successful accreditation they receive the quality-label of the Accreditation Council.<sup>10</sup>

**Table 1: Institutions, Programmes and Degrees in German Higher Education**



## 8.4 Organization and Structure of Studies

The following programmes apply to all three types of institutions. Bachelor's and Master's study courses may be studied consecutively, at various higher education institutions, at different types of higher education institutions and with phases of professional work between the first and the second qualification. The organization of the study programmes makes use of modular components and of the European Credit Transfer and Accumulation System (ECTS) with 30 credits corresponding to one semester.

### 8.4.1 Bachelor

Bachelor degree study programmes lay the academic foundations, provide methodological skills and lead to qualifications related to the professional field. The Bachelor degree is awarded after 3 to 4 years.

The Bachelor degree programme includes a thesis requirement. Study courses leading to the Bachelor degree must be accredited according to the Law establishing a Foundation for the Accreditation of Study Programmes in Germany.<sup>xi</sup>

First degree programmes (Bachelor) lead to Bachelor of Arts (B.A.), Bachelor of Science (B.Sc.), Bachelor of Engineering (B.Eng.),

Bachelor of Laws (LL.B.), Bachelor of Fine Arts (B.F.A.) or Bachelor of Music (B.Mus.).

#### 8.4.2 Master

Master is the second degree after another 1 to 2 years. Master study programmes must be differentiated by the profile types "more practice-oriented" and "more research-oriented". Higher Education Institutions define the profile of each Master study programme.

The Master degree study programme includes a thesis requirement. Study programmes leading to the Master degree must be accredited according to the Law establishing a Foundation for the Accreditation of Study Programmes in Germany.<sup>xii</sup>

Second degree programmes (Master) lead to Master of Arts (M.A.), Master of Science (M.Sc.), Master of Engineering (M.Eng.), Master of Laws (L.L.M), Master of Fine Arts (M.F.A.) or Master of Music (M.Mus.). Master study programmes, which are designed for continuing education or which do not build on the preceding Bachelor study programmes in terms of their content, may carry other designations (e.g. MBA).

#### 8.4.3 Integrated "Long" Programmes (One-Tier): *Diplom* degrees, *Magister Artium*, *Staatsprüfung*

An integrated study programme is either mono-disciplinary (*Diplom* degrees, most programmes completed by a *Staatsprüfung*) or comprises a combination of either two major or one major and two minor fields (*Magister Artium*). The first stage (1.5 to 2 years) focuses on broad orientations and foundations of the field(s) of study. An Intermediate Examination (*Diplom-Vorprüfung* for *Diplom* degrees; *Zwischenprüfung* or credit requirements for the *Magister Artium*) is prerequisite to enter the second stage of advanced studies and specializations. Degree requirements include submission of a thesis (up to 6 months duration) and comprehensive final written and oral examinations. Similar regulations apply to studies leading to a *Staatsprüfung*. The level of qualification is equivalent to the Master level.

– Integrated studies at *Universitäten (U)* last 4 to 5 years (*Diplom* degree, *Magister Artium*) or 3 to 6.5 years (*Staatsprüfung*). The *Diplom* degree is awarded in engineering disciplines,

the natural sciences as well as economics and business. In the humanities, the corresponding degree is usually the *Magister Artium* (M.A.). In the social sciences, the practice varies as a matter of institutional traditions. Studies preparing for the legal, medical, pharmaceutical and teaching professions are completed by a *Staatsprüfung*.

The three qualifications (*Diplom*, *Magister Artium* and *Staatsprüfung*) are academically equivalent. They qualify to apply for admission to doctoral studies. Further prerequisites for admission may be defined by the Higher Education Institution, cf. Sec. 8.5.

– Integrated studies at *Fachhochschulen (FH)*/Universities of Applied Sciences (UAS) last 4 years and lead to a *Diplom (FH)* degree. While the *FH/UAS* are non-doctorate granting institutions, qualified graduates may apply for admission to doctoral studies at doctorate-granting institutions, cf. Sec. 8.5.

– Studies at *Kunst- and Musikhochschulen* (Universities of Art/Music etc.) are more diverse in their organization, depending on the field and individual objectives. In addition to *Diplom/Magister* degrees, the integrated study programme awards include Certificates and certified examinations for specialized areas and professional purposes.

#### 8.5 Doctorate

Universities as well as specialized institutions of university standing and some Universities of Art/Music are doctorate-granting institutions. Formal prerequisite for admission to doctoral work is a qualified Master (UAS and U), a *Magister* degree, a *Diplom*, a *Staatsprüfung*, or a foreign equivalent. Particularly qualified holders of a Bachelor or a *Diplom (FH)* degree may also be admitted to doctoral studies without acquisition of a further degree by means of a procedure to determine their aptitude. The universities respectively the doctorate-granting institutions regulate entry to a doctorate as well as the structure of the procedure to determine aptitude. Admission further requires the acceptance of the Dissertation research project by a professor as a supervisor.

## 8.6 Grading Scheme

The grading scheme in Germany usually comprises five levels (with numerical equivalents; intermediate grades may be given): "*Sehr Gut*" (1) = Very Good; "*Gut*" (2) = Good; "*Befriedigend*" (3) = Satisfactory; "*Ausreichend*" (4) = Sufficient; "*Nicht ausreichend*" (5) = Non-Sufficient/Fail. The minimum passing grade is "*Ausreichend*" (4). Verbal designations of grades may vary in some cases and for doctoral degrees.

In addition institutions may already use the ECTS grading scheme, which operates with the levels A (best 10 %), B (next 25 %), C (next 30 %), D (next 25 %), and E (next 10 %).

## 8.7 Access to Higher Education

The General Higher Education Entrance Qualification (*Allgemeine Hochschulreife, Abitur*) after 12 to 13 years of schooling allows for admission to all higher educational studies. Specialized variants (*Fachgebundene Hochschulreife*) allow for admission to particular disciplines. Access to *Fachhochschulen* (UAS) is also possible with a *Fachhochschulreife*, which can usually be acquired after 12 years of schooling. Admission to Universities of Art/Music may be based on other or require additional evidence demonstrating individual aptitude.

Higher Education Institutions may in certain cases apply additional admission procedures.

## 8.8 National Sources of Information

- *Kultusministerkonferenz (KMK)* [Standing Conference of the Ministers of Education and Cultural Affairs of the *Länder* in the Federal Republic of Germany]; Lennéstrasse 6, D-53113 Bonn; Fax: +49[0]228/501-229; Phone: +49[0]228/501-0
- Central Office for Foreign Education (ZaB) as German NARIC; www.kmk.org; E-Mail: zab@kmk.org
- "Documentation and Educational Information Service" as German EURYDICE-Unit, providing the national dossier on the education system (www.kmk.org/doku/bildungswesen.htm; E-Mail: eurydice@kmk.org)

- *Hochschulrektorenkonferenz (HRK)* [German Rectors' Conference]; Ahrstrasse 39, D-53175 Bonn; Fax: +49[0]228/887-110; Phone: +49[0]228/887-0; www.hrk.de; E-Mail: sekr@hrk.de
- "Higher Education Compass" of the German Rectors' Conference features comprehensive information on institutions, programmes of study, etc. (www.higher-education-compass.de)

<sup>1</sup> The information covers only aspects directly relevant to purposes of the Diploma Supplement. All information as of 1 July 2005.

<sup>1</sup> *Berufsakademien* are not considered as Higher Education Institutions, they only exist in some of the *Länder*. They offer educational programmes in close cooperation with private companies. Students receive a formal degree and carry out an apprenticeship at the company. Some *Berufsakademien* offer Bachelor courses which are recognized as an academic degree if they are accredited by a German accreditation agency.

<sup>1</sup> Common structural guidelines of the *Länder* as set out in Article 9 Clause 2 of the Framework Act for Higher Education (HRG) for the accreditation of Bachelor's and Master's study courses (Resolution of the Standing Conference of the Ministers of Education and Cultural Affairs of the *Länder* in the Federal Republic of Germany of 10.10.2003, as amended on 21.4.2005).

<sup>1</sup> "Law establishing a Foundation 'Foundation for the Accreditation of Study Programmes in Germany'", entered into force as from 26.2.2005, GV. NRW. 2005, nr. 5, p. 45 in connection with the Declaration of the *Länder* to the Foundation "Foundation: Foundation for the Accreditation of Study Programmes in Germany" (Resolution of the Standing Conference of the Ministers of Education and Cultural Affairs of the *Länder* in the Federal Republic of Germany of 16.12.2004.

<sup>1</sup> See note No. 4.

<sup>1</sup> See note No. 4.