Modulhandbuch Physik (Bachelor)

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 1 und 1b: Einführung in die Physik I

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Vorlesung (4 SWS) mit Demonstrationsexperimenten
Übung (2 SWS), betreut in Kleingruppen

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Lehrenden, Professor(inn)en und Dozent(inn)en der Physik im Wechsel

4. Lehrinhalte:
Mechanik**:** Messen und Maße, Vektoren, Newtonsche Axiome, Punktmechanik, Potenzialbegriff, Planetenbewegung, Bezugssysteme, Relativitätsmechanik, Mechanik des starren Körpers, Mechanik von Flüssigkeiten und Gasen
Schwingungen und Wellen**:** Harmonischer Oszillator; freie, gedämpfte und getriebene Schwingung; gekoppelte Schwingungen, Fourieranalyse von periodischen und nichtperiodischen Vorgängen, Schwebungen und Gruppengeschwindigkeit, Wellenbewegung in Medien, Doppler-Effekt, Energietransport und Energiedichte einer Welle
Wärmelehre: Temperatur, Wärmeenergie, Zustandsgleichung von Gasen, Hauptsätze der Wärmelehre, Kreisprozesse, kinetische Theorie der Wärme, Brownsche Molekularbewegung, Boltzmann-Verteilung, Wärmeleitung und Diffusion

Die Veranstaltung ist mit dem Praktikum „Grundlagen physikalischen Experimentierens (GP I)“ und "Einführung in die Methoden der Theoretischen Physik“ abgestimmt.

Im Rahmen der Module 1,2,4 finden orientierende Praxisstudien im Umfang von 3 LP statt. Sie beinhalten Vorträge und Seminare mit umfangreichen Diskussionsanteilen, in denen die vielfältigen Berufsfelder, in denen Physiker nach ihrem Universitätsabschluss arbeiten, vorgestellt werden. Bei den Modulen 1b, 2b und 4b entfallen die Praxisstudien, da die berufliche Orientierung zu diesem Zeitpunkt als abgeschlossen betrachtet werden kann.

5. Kompetenzen:
Die Veranstaltung führt in die Physik unter experimentell–phänomenologischen Gesichtspunkten ein. Die Studierenden lernen grundlegende Begriffe, Phänomene und Konzepte der klassischen Mechanik, der Schwingungen und Wellen und der Wärmelehre kennen. Sie sind in der Lage, Aufgaben aus diesen Bereichen selbständig zu lösen. Es werden elementare Techniken wissenschaftlichen Arbeitens vermittelt.
Die Praxisstudien dienen der Überprüfung der Studienwahl und erleichtern die Schwerpunktsetzung im Studium.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine benotete Einzelleistung

7. Erbringungsformen:

Klausur

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Bestehen der Klausur (über Vorlesung und Übung), regelmäßige aktive Teilnahme: begleitend zu der Vorlesung muss eine Nacharbeitung / Überarbeitung anhand von Physik- (Standard)- Lehrbüchern erfolgen. Für die Übungen müssen Aufgaben bearbeitet und in den Übungsstunden vorgerechnet werden. Die zu bearbeitenden Übungsaufgaben werden jeweils eine Woche vorher ausgegeben.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:
Modul 1:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Einführung in die Physik I (V)	1	60	60	2		6
Übung zur Vorlesung	1	30	30			2
Orientierende Praxisstudien	1*	15	15			1
Gesamt						9

*: Die Orientierenden Praxisstudien können alternativ auch im 3. Semester absolviert werden.

Modul 1b:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Einführung in die Physik I (V)	1	60	60	2		6
Übung zur Vorlesung	1	30	30			2
Gesamt						8

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Empfohlen wird der Besuch des Vorkurses, der in den mathematisch-physikalischen Hintergrund einführt und auf das Studium vorbereitet.

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Modul 1:
Pflichtmodul für den Bachelorstudiengang mit Kernfach Physik (FSB 5.1)
Pflichtmodul für den Bachelorstudiengang mit Nebenfach Physik *Profil Lehramt Gymnasium und Gesamtschule* (FSB 6.1)
Modul 1b:

Pflichtmodul für den Studiengang Master of Education (FSB 4.1.1)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:

Jährlich, im Wintersemester

1. Modultitel und Modulnummer:

Modul 2 und 2b:: Einführung in die Physik II

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:

Vorlesung (4 SWS) mit Demonstrationsexperimenten
Übung (2 SWS), betreut in Kleingruppen

3. Modulverantwortliche(r):

Verantwortlich sind die Lehrenden, Professor(inn) en und Dozent(inn)en der Physik im Wechsel.

4. Lehrinhalte:

Elektrizität und Magnetismus**:** Stromstärke und elektrische Ladung, Elektrisches Feld und Coulombsches Gesetz, Elektrische Felder bei gegebener Ladungsverteilung, Arbeit im elektrischen Feld, Potentielle Energie und elektrisches Potential, Materie im elektrischen Feld, Elektronenemission aus Metallen, Elektrischer Strom und Widerstand (und Grundtatsachen der Supraleitung), Magnetisches Feld, Lorentzkraft, Faradaysches Induktionsgesetz, Spezifische Elektronenladung e/m, Materie im Magnetfeld

Elektrodynamik und Optik **:** zeitlich veränderliche elektromagnetische Felder, Wechselstromkreise, Schwingkreis, Elektromagnetische Wellen, Spektrum der elektromagnetischen Wellen, Maxwellsche Gleichungen, Wellenoptik, Beugung und Interferenz, Brechung und Polarisation von Licht, Strahlenoptik (Optische Instrumente), Klassische Behandlung der elektromagnetischen Strahlung, Emission, Absorption, Dispersion und Streuung von Licht, Strahlungsgesetze

Die Veranstaltung ist mit dem Praktikum „Grundlagen physikalischen Experimentierens (GP II)“ und "Einführung in die Methoden der Theoretischen Physik“ abgestimmt.

Im Rahmen der Module 1,2,4 finden orientierende Praxisstudien im Umfang von 3 Leistungspunkten statt. Sie beinhalten Vorträge und Seminare mit umfangreichen Diskussionsanteilen, in denen die vielfältigen Berufsfelder, in denen Physiker nach ihrem Universitätsabschluss arbeiten, vorgestellt werden. Bei den Modulen 1b, 2b und 4b entfallen die Praxisstudien, da die berufliche Orientierung zu diesem Zeitpunkt als abgeschlossen betrachtet werden kann.

5. Kompetenzen:

Die Veranstaltung führt in die Physik unter experimentell–phänomenologischen Gesichtspunkten ein. Die Studierenden lernen grundlegende Begriffe, Phänomene und Konzepte der Elektrizität und des Magnetismus bzw. der Elektrodynamik und Optik kennen. Sie sind in der Lage, Aufgaben aus diesen Bereichen selbständig zu lösen. Es werden elementare Techniken wissenschaftlichen Arbeitens vermittelt. Die Praxisstudien dienen der Überprüfung der Studienwahl und erleichtern die Schwerpunktsetzung im Studium.

6. Anzahl Einzelleistungen:

Eine benotete Einzelleistung

7. Erbringungsformen:
Klausur
8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Bestehen der Klausur (über Vorlesung und Übung), regelmäßige aktive Teilnahme: begleitend zu der Vorlesung muss eine Nacharbeitung / Überarbeitung anhand von Physik- (Standard)- Lehrbüchern erfolgen. Für die Übungen müssen Aufgaben bearbeitet und in den Übungsstunden vorgerechnet werden. Die zu bearbeitenden Übungsaufgaben werden jeweils eine Woche vorher ausgegeben.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:
Modul 2:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Einführung in die Physik II (V)	2	60	60	2		6
Übung zur Vorlesung	2	30	30			2
Orientierende Praxisstudien	2*	15	15			1
Gesamt						9

*: Die Orientierenden Praxisstudien können alternativ auch im 4. Semester absolviert werden.

Modul 2b:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Einführung in die Physik I (V)	1	60	60	2		6
Übung zur Vorlesung	1	30	30			2
Gesamt						8

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Empfohlen wird der Besuch des Vorkurses, der in den mathematisch-physikalischen Hintergrund einführt und auf das Studium vorbereitet.

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Modul 2:
Pflichtmodul für den Bachelorstudiengang mit Kernfach Physik (FSB 5.1)
Pflichtmodul für den Bachelorstudiengang mit Nebenfach Physik *Profil Lehramt Gymnasium und Gesamtschule* (FSB 6.1)
Modul 2b:

Pflichtmodul für den Studiengang Master of Education (FSB 4.1.1)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:

Jährlich, im Sommersemester

1. Modultitel und Modulnummer:

Modul 3: Einführung in die Physik III

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:

Vorlesung (4 SWS) mit Demonstrationsexperimenten
Übung (2 SWS), betreut in Kleingruppen

3. Modulverantwortliche(r):

Verantwortlich sind die Lehrenden, Professor(inn) en und Dozent(inn)en der Physik im Wechsel.

4. Lehrinhalte:

Grenzen der klassischen Physik**:** Strahlungsgesetze und Plancksches Strahlungsgesetz, spezifische Wärme von Festkörpern
experimentelle Ausgangspunkte der Quantenphysik**:** optische Spektroskopie, Elektronenstoßspektroskopie (Franck-Hertz-Versuch), Photoeffekt, Röntgenstrahlung, Durchgang von Gammastrahlung durch Materie, Comptoneffekt und Paarerzeugung
Elemente der Atom- und Molekülphysik**:** Welle- Teilchen-Dualismus und Unschärferelation, Schrödingergleichung, das Wasserstoffatom und sein Spektrum, Pauli-Prinzip und Mehrelektronenatome, Kopplung von Drehimpulsen, Periodisches System der Elemente, Atome in elektrischen und magnetischen Feldern: Stark-Effekt, Zeeman-Effekt, Stern-Gerlach-Versuch; Wasserstoffmolekül, mehratomige Moleküle und Molekülspektren
Elemente der Festkörperphysik**:** Struktur kondensierter Materie, Modell des freien Elektronengases, Bändermodell, Halbleiter, magnetische Eigenschaften, Supraleiter
Elemente der Kern- und Teilchenphysik
Elemente der speziellen Relativitätstheorie (soweit nicht schon in Modul 1 oder 2 behandelt).

5. Kompetenzen:

Die Veranstaltung führt in die Physik unter experimentell – phänomenologischen Gesichtspunkten ein. Die Studierenden lernen die grundlegenden Begriffe, Phänomene und Konzepte der "Modernen Physik" kennen. Sie sind in der Lage, Aufgaben aus diesem Bereich selbständig zu lösen. Es werden elementare Techniken wissenschaftlichen Arbeitens vermittelt.

6. Anzahl Einzelleistungen:

Eine benotete Einzelleistung

7. Erbringungsformen:

Klausur

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:

Bestehen der Klausur (über Vorlesung und Übung), regelmäßige aktive Teilnahme: begleitend zu der Vorlesung muss eine Nacharbeitung anhand von Lehrbüchern und der Vorlesungsmitschrift erfolgen. Für die Übungen müssen Aufgaben bearbeitet und in den Übungsstunden vorgerechnet werden. Die zu bearbeitenden Übungsaufgaben werden je-

weils eine Woche vorher ausgegeben.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Einführung in die Physik III (V)	3	60	60	2		6
Übung zur Vorlesung	3	30	60			3
Gesamt						9

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Modul 2 bzw. 2b

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul für den Bachelorstudiengang mit Kernfach Physik (FSB 5.1)
Pflichtmodul für den Bachelorstudiengang mit Nebenfach Physik *Profil Lehramt Gymnasium und Gesamtschule* (FSB 6.1)
Pflichtmodul für den Studiengang Master of Education (FSB 4.1.1)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Jährlich, im Wintersemester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 4 und 4b: Einführung in die Methoden der theoretischen Physik

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Vorlesung (4 SWS) und Übung (4 SWS), betreut in Kleingruppen
In zwei aufeinanderfolgenden Semestern mit jeweils Vorlesung (2 SWS) und Übung (2 SWS)

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Veranstalter, Professor(inn) en und Dozent(inn)en der Theoretischen Physik im Wechsel.

4. Lehrinhalte:
Die Veranstaltung ist mit der Einführung in die Physik I, II, III und der Theoretischen Physik I bis IV abgestimmt. Kernpunkte der Veranstaltung sind:
Analysis: Folgen und Reihen, komplexe Zahlen, Differential- und Integralrechnung
Lineare Algebra: Vektoren und Matrizen, Tensor-Rechnung, Eigenwertprobleme
Differentialgleichungen: Gewöhnliche Differentialgleichungen, spezielle Differentialgleichungen
Vektoranalysis: Skalar- und Vektorfelder, krummlinige Koordinaten, Integralsätze
Fourier-Reihen: Fourier-Transformation, Laplace-Transformation, Diracsche Deltafunktion
Funktionenräume: Operatoren und Eigenwerte

Im Rahmen der Module 1,2,4 finden orientierende Praxisstudien im Umfang von 3 LP statt. Sie beinhalten Vorträge und Seminare mit umfangreichen Diskussionsanteilen, in denen die vielfältigen Berufsfelder, in denen Physiker nach ihrem Universitätsabschluss arbeiten, vorgestellt werden. Bei den Modulen 1b, 2b und 4b entfallen die Praxisstudien, da die berufliche Orientierung zu diesem Zeitpunkt als abgeschlossen betrachtet werden kann.

5. Kompetenzen:
Dieses Modul vermittelt den Studierenden in den ersten beiden Semestern das mathematische Handwerkszeug, das sie in der Physik benötigen. Es ermöglicht ihnen auch ein tieferes Verständnis der Einführung in die Physik I – III. Die Studierenden sind in der Lage, Aufgaben aus diesem Bereich selbständig zu lösen. Die Praxisstudien dienen der Überprüfung der Studienwahl und erleichtern die Schwerpunktsetzung im Studium.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Zwei benotete Einzelleistungen

7. Erbringungsformen:
Klausuren

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Bestehen der Klausur (über Vorlesung und Übung), regelmäßige aktive Teilnahme: beglei-

tend zu der Vorlesung muss eine Nacharbeitung anhand von Lehrbüchern und der Vorlesungsmitschrift erfolgen. Für die Übungen müssen Aufgaben bearbeitet und in den Übungsstunden vorgerechnet werden. Die zu bearbeitenden Übungsaufgaben werden jeweils eine Woche vorher ausgegeben. Die beiden Teile des Moduls werden jeweils durch eine Klausur am Ende des Semesters abgeschlossen.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Modul 4:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Einführung in die Methoden der theoretischen Physik (V), Teil I	1*	30	30	1		3
Übung zur Vorlesung, Teil I	1*	30	44			2
Einführung in die Methoden der theoretischen Physik (V), Teil II	2*	30	30	1		3
Übung zur Vorlesung, Teil II	2*	30	46			3
Orientierende Praxisstudien	1**	15	15			1
Gesamt						12

*: wird Physik als Nebenfach im Bachelorstudiengang mit *Profil Lehramt Gymnasium und Gesamtschule* (FSB 6.1) studiert, so wird die Veranstaltung für das 3+4 Fachsemester empfohlen.

**: Die Orientierenden Praxisstudien können alternativ auch im 3. Semester absolviert werden.

Modul 4b:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Einführung in die Methoden der theoretischen Physik (V), Teil I	1	30	30	1		3
Übung zur Vorlesung, Teil I	1	30	44			2
Einführung in die Methoden der theoretischen Physik (V), Teil II	2	30	30	1		3
Übung zur Vorlesung, Teil II	2	30	46			3
Gesamt						11

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:

Empfohlen wird der Besuch des Vorkurses, der in den mathematisch-physikalischen Hintergrund einführt und auf das Studium vorbereitet.

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Modul 4:
Pflichtmodul für den Bachelorstudiengang mit Kernfach Physik (FSB 5.1)
Pflichtmodul für den Bachelorstudiengang mit Nebenfach Physik *Profil Lehramt Gymnasium und Gesamtschule* (FSB 6.1)
Modul 4b:
Pflichtmodul für den Studiengang Master of Education (FSB 4.1.1)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Jährlich, Beginn im Wintersemester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 5: Grundlagen physikalischen Experimentierens (Grundpraktikum I und II)

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
1. GP I: Vorlesung (1 SWS), Praktikum (3 SWS), betreut in Kleingruppen
2. GP II: Praktikum (4 SWS), betreut in Kleingruppen
GP I und GP II finden in zwei aufeinanderfolgenden Semestern statt.

3. Modulverantwortliche(r):
Dr. Udo Werner

4. Lehrinhalte:
GP I: Das Modul beginnt mit einer Vorlesung, die als Block dem eigentlichen Praktikum vorangestellt ist. In ihr werden die im praktischen Teil benötigten Kenntnisse und Methoden vorgestellt. Inhaltliche Schwerpunkte sind: Maßeinheiten, elementare Statistik, Meßmethoden, Messungenauigkeiten und das Rechnen mit Unsicherheiten, Protokollführung.
In der zweiten Semesterhälfte folgt der praktische Teil, in dem von Studierenden selbständig Experimente in betreuten Kleingruppen durchgeführt werden. Die thematischen Schwerpunkte liegen hierbei auf Versuchen zur Mechanik und Thermodynamik, wobei methodische Gesichtspunkte im Vordergrund stehen.
GP II: Der zweite Teil baut auf den im Grundpraktikum I erworbenen Kenntnissen auf; insbesondere die Inhalte der zugehörigen Vorlesung werden vorausgesetzt. Die thematischen Schwerpunkte liegen hierbei auf den Bereichen Elektrizitätslehre und Optik, wobei aber auch einige grundlegende Versuche zur modernen Physik enthalten sind, um insbesondere Studierenden mit dem Berufsziel eines Lehramtes ein abgerundetes Methodenspektrum bereitzustellen.
Es wird ein Skript zur Verfügung gestellt, das neben der eigentlichen Versuchsanleitung auch Hinweise zur Versuchsvorbereitung und Auswertung gibt. Folgende Standardwerke sind weiterhin zu empfehlen:

- Bergmann, Schäfer: *Lehrbuch der Experimentalphysik, Bd.1-3*
- Eichler, Kronfeld, Sahm: *Das neue Physikalische Grundpraktikum*
- Geschke: *Physikalisches Praktikum*
- Kohlrausch: *Praktische Physik 1-3*
- Meschede, Gerthsen: *Physik*
- Walcher: *Praktikum der Physik*

5. Kompetenzen:
Die Studierenden

- besitzen nach Durchlaufen des Moduls ein Verständnis physikalischer Zusammenhänge,
- sind in der Lage, theoretische Konzepte im Experiment zu verifizieren,
- kennen grundlegende experimentelle Techniken und Messverfahren sowie einfache Methoden der Datenanalyse,

- sind in der Lage, einen wissenschaftlichen Arbeitsprozess sprachlich zu formulieren, zu dokumentieren und seine Ergebnisse kritisch zu diskutieren,
- haben gelernt, im Team zu arbeiten und miteinander wissenschaftlich zu kommunizieren.

6. Anzahl Einzelleistungen:

Zwei benotete Einzelleistungen (jeweils eine zu GP I und GP II)

7. Erbringungsformen:

Portfolio bestehend aus 10 (GP I) bzw. 12 (GP II) Versuchen, 5 (GP I) bzw. 6 (GP II) testierten Versuchsprotokollen und einem Abschlusskolloquium: Im praktischen Teil sind 10 Versuche (GP I) bzw. 12 Versuche (GP II) in Kleingruppen, in der Regel aus zwei Studierenden bestehend, durchzuführen, die von Tutoren betreut werden. Jeder Versuch beginnt mit einer selbständigen Vorbereitung der theoretischen und experimentellen Grundlagen. Entsprechende Hinweise finden sich in der zur Verfügung gestellten Versuchsanleitung, die neben einem kurzen Abriss der Thematik die benötigten Kenntnisse stichwortartig umreißt und Literaturhinweise für das Selbststudium bietet. Bevor mit dem eigentlichen Versuch begonnen wird, wird in einer Vorbesprechung (Antestat) festgestellt, ob der Studierende über die für eine sichere Versuchsdurchführung notwendigen Kenntnisse verfügt. Die Durchführung des Experimentes, die Messergebnisse und deren Auswertung werden in einem eigenständigen und qualifizierten Protokoll dokumentiert, das durch eine kritische Diskussion der Ergebnisse zu ergänzen ist. Die Protokolle werden abwechselnd von den Studierenden jeder Kleingruppe angefertigt, so dass jeder Studierende 5 bzw. 6 Protokolle anzufertigen hat. Die Protokolle werden korrigiert und mit den Tutoren diskutiert. Letzter Bestandteil des Portfolios ist ein 30min. Gespräch (Abschlusskolloquium) über die durchgeführten Versuche und die erstellten Protokolle.

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:

Regelmäßige und aktive Teilnahme sowie das Bestehen der Einzelleistungen.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Grundpraktikum I	1*	60	60	2		6
Grundpraktikum II	2*	60	60	2		6
Gesamt						12

*: wird Physik als Nebenfach im Bachelorstudiengang mit *Profil Lehramt Gymnasium und Gesamtschule* (FSB 6.1) studiert, so wird die Veranstaltung für das 5 bzw. 6. Fachsemester empfohlen.

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:

keine

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul für den Bachelorstudiengang mit Kernfach Physik (FSB 5.1)
Pflichtmodul für den Bachelorstudiengang mit Nebenfachfach Physik *Profil Lehramt Gymnasium und Gesamtschule* (FSB 6.1)
Pflichtmodul für den Studiengang Master of Education (FSB 4.1.1)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Jährlich, GP I im Wintersemester, GP II im Sommersemester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 6 und 6a: Theoretische Physik I

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS), betreut in Kleingruppen

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Lehrenden, Professor(inn)en und Dozent(inn)en der Theoretischen Physik im Wechsel

4. Lehrinhalte:
Im Rahmen der Vorlesung werden die beiden großen Bereiche der klassischen Physik behandelt: Mechanik der Massenpunkte und Theorie der elektromagnetischen Felder. Das bedeutet, dass sowohl Systeme mit endlich vielen (diskreten) Freiheitsgraden als auch solche mit kontinuierlich - unendlich vielen zur Sprache kommen.

Kernpunkte der Veranstaltung sind:
Newtonsche Mechanik von Massenpunkten: Die Newtonschen Axiome, Lösung der Bewegungsgleichungen für einige einfache Kraftfunktionen, weitere Gesetze für die Mechanik eines Massenpunktes (Impuls, Drehimpuls), Mechanische Gesetze für ein System von Massenpunkten, Bewegung im Gravitationsfeld (Kepler-Bewegung), Beschleunigte Bezugssysteme und Scheinkräfte.
Lagrange-Formalismus: Physik von Massenpunkten unter dem Einfluss von Zwangsbedingungen, d'Alembertsches Prinzip, Lagrange-Gleichungen (2. Art), Eigenschaften der Lagrangegleichungen (Forminvarianz) bzw. der Lagrangefunktionen, das Hamiltonsche Prinzip der kleinsten Wirkung.
Symmetrien und Erhaltungsgrößen**:** Symmetrietransformationen und –gruppen, das Noether-Theorem, die fundamentalen Erhaltungsgrößen.
Hamilton-Formalismus**:** Legendre-Transformationen, Hamiltonsche Gleichungen, der Phasenraum, Poisson-Klammern, Kanonische Transformationen.
Spezielle Relativitätstheorie: Definition von Zeit und Länge, Relativitätsprinzip, Lorentz-Transformationen, relativistische Mechanik
Elektromagnetische Felder**:** Coulomb-Gesetz und elektrisches Feld, Ströme, Ohmsches Gesetz, Ampere-Gesetz und magnetisches Feld, Induktionsgesetz, die Maxwellschen Gleichungen, Energie und Impuls des elektromagnetischen Feldes.
Lösungen der Maxwellschen Gleichungen, Strahlung**:** Einführung der elektromagnetischen Potentiale, Freie Wellengleichung, Ebene und Kugel-Wellen, Dipol-Strahlung.

5. Kompetenzen:
Die Veranstaltung hat das Ziel, in die theoretischen Grundlagen der klassischen Physik einzuführen. Dabei sollen vermittelt werden:
- das Verständnis für die mathematische Formulierung von Naturgesetzen (Modellierung)
- die Erkenntnis, dass allgemeine physikalische Theorien imstande sind, zahlreiche Naturphänomene in einem einheitlichen (Begriffs-) Rahmen zu erklären (Bildung von Theorien)

- die Fähigkeit, aus wenigen Naturgesetzen mit Hilfe geeigneter (Rechen-) Techniken eine Beschreibung von konkreten Naturvorgängen zu gewinnen (Lernen der Methoden).

Die Übungen zur Vorlesung sollen einerseits der Praxis im Einsatz mathematischer Methoden anhand von konkreten Problemen dienen, andererseits sollen sie eine gewisse Vertiefung des Vorlesungsstoffes ermöglichen.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine benotete Einzelleistung

7. Erbringungsformen:
Klausur

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Bestehen der Klausur (zur Vorlesung und zur Übung), regelmäßige aktive Teilnahme: begleitend zur Vorlesung muss eine Nacharbeitung anhand von Physik- (Standard) Lehrbüchern erfolgen. Zu den Übungen müssen Aufgaben bearbeitet und in den Übungen vorgerechnet werden, die Übungsaufgaben werden jeweils eine Woche vorher ausgegeben.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:
Modul 6:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Theoretische Physik I (V)	3*	60	60	2		6
Übung zur Vorlesung	3*	30	60			3
Gesamt						9

*: wird Physik als Nebenfach im Bachelorstudiengang mit *Profil Lehramt Gymnasium und Gesamtschule* (FSB 6.1) studiert, so wird die Veranstaltung für das 5. Fachsemester empfohlen.

Modul 6a:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Theoretische Physik I (V)	3	60	60	3		7
Übung zur Vorlesung	3	30	60			3
Gesamt						10

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Modul 2 und Modul 4 bzw. 4b oder gleichwertige mathematische Kenntnisse

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Modul 6:
Pflichtmodul für den Bachelorstudiengang mit Kernfach Physik (FSB 5.1)
Pflichtmodul für den Bachelorstudiengang mit Nebenfachfach Physik *Profil Lehramt Gymnasium und Gesamtschule* (FSB 6.1)
Pflichtmodul für den Studiengang Master of Education (FSB 4.1.1)
Modul 6a:
Pflichtmodul für den Bachelorstudiengang mit Nebenfach Physik *Profil Physikalische Kompetenzen für Nicht-Physiker* (FSB 6.3)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Jährlich, im Wintersemester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 7 und 7a: Theoretische Physik II

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS), betreut in Kleingruppen

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Lehrenden, Professor(inn)en und Dozent(inn)en der Theoretischen Physik im Wechsel

4. Lehrinhalte:
In der Veranstaltung geht es hauptsächlich um die Beschreibung von Phänomenen im Mikrokosmos, also um Vorgänge, die unserer direkten sinnlichen Erfahrung nicht zugänglich sind und zu deren Beschreibung unsere Alltagserfahrungen nicht taugen. Daher muss hier noch zusätzlich vermittelt werden, wie ein Begriffsrahmen gefunden werden kann, mit dessen Hilfe die experimentellen Daten über diese Vorgänge interpretiert bzw. erklärt werden können.

Schwerpunkte der Veranstaltung sind:
Empirische Hinweise auf Notwendigkeit und wesentliche Strukturen einer Quantenechanik: Die Korpuskularnatur des Lichts, Strukturen der Quantenmechanik am Beispiel des Polarisationsfreiheitsgrades, Feld- (Wellen-) Eigenschaften von Teilchen, die Schrödingergleichung,
Der Formalismus der Quantenmechanik**:** Die Axiome der Quantenmechanik (Zustände, Observable, Messung, Zeitentwicklung), Darstellungs- und Transformationstheorie, Bilder der Zeitentwicklung, Quantisierung, Unbestimmtheitsrelationen, gemischte Zustände,
Quantenmechanische Eigenarten anhand von eindimensionalen Problemen: Schrödinger-Gleichung mit stückweise konstanten Potentialen, Tunneleffekt, Bindung, der harmonische Oszillator,
Symmetrien in der Quantenmechanik, der Drehimpuls: Darstellung von Symmetrietransformationen, Noether-Theorem, Translationen und Drehungen, Eigenwerte und Eigenvektoren des Drehimpulses, der Bahndrehimpuls, der Spin, Addition von Drehimpulsen,
Potentialprobleme im Dreidimensionalen**:** Teilchen im sphärisch symmetrischen Potential, freies Teilchen, das Coulomb-Potential, Schwerpunkt- und Relativkoordinaten, das Wasserstoffatom
Identische Teilchen: (Anti-) Symmetrie der Wellenfunktion, Pauli-Prinzip, Systeme von nichtwechselwirkenden identischen Teilchen, Periodensystem der Elemente.
Stationäre Störungstheorie: Störungsrechnung für nicht-entartete Zustände, Störungsrechnung im Fall von Entartung, der Stark-Effekt im Wasserstoffatom.

5. Kompetenzen:
Die Veranstaltung hat das Ziel, die Studierenden in die theoretischen Grundlagen der Quantenphysik einzuführen. Sie schließt unmittelbar an die Vorlesung Theoretische Physik I an und hat das allgemeine Ziel zu vermitteln:
- das Verständnis für die mathematische Formulierung von Naturgesetzen
- die Erkenntnis, dass und wie physikalische Theorien imstande sind, zahlreiche Naturphänomene in einem einheitlichen (Begriff-) Rahmen zu erklären;

- die Fähigkeit, aus wenigen Naturgesetzen mit Hilfe geeigneter (Rechen-) Techniken eine Beschreibung von Naturvorgängen abzuleiten.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine benotete Einzelleistung

7. Erbringungsformen:
Klausur

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Bestehen der Klausur (über Vorlesung und Übung), regelmäßige aktive Teilnahme: begleitend zur Vorlesung muss eine Nacharbeitung anhand von Physik- (Standard) Lehrbüchern erfolgen. Zu den Übungen müssen Aufgaben bearbeitet und in den Übungen vorgerechnet werden, die Übungsaufgaben werden jeweils eine Woche vorher ausgegeben.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:
Modul 7:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	nbenotet	
Theoretische Physik II (V)	4*	60	60	2		6
Übung zur Vorlesung	4*	30	60			3
Gesamt						9

*: wird Physik im Masterstudiengang als Fortsetzung des Nebenfachstudiums Physik aus dem Bachelorstudiengang mit *Profil Lehramt Gymnasium und Gesamtschule* (FSB 4.2.2) studiert, so wird die Veranstaltung für das 2. Fachsemester empfohlen.

Modul 7a:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Theoretische Physik II (V)	4	60	60	3		7
Übung zur Vorlesung	4	30	60			3
Gesamt						10

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Modul 6 bzw. 6a

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Modul 7:

Pflichtmodul für den Bachelorstudiengang mit Kernfach Physik (FSB 5.1)
Pflichtmodul für den Bachelorstudiengang mit Nebenfachfach Physik *Profil Lehramt Gymnasium und Gesamtschule* (FSB 6.1)
Pflichtmodul für den Studiengang Master of Education (FSB 4.1.1 bzw. 4.2.2)

Modul 7a:
Pflichtmodul für den Bachelorstudiengang mit Nebenfach Physik *Profil Physikalische Kompetenzen für Nicht-Physiker* (FSB 6.3)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Jährlich, im Sommersemester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 8: Ergänzende Grundlagen

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Es können folgende Module gewählt werden

8.1 Einführung in die Allgemeine Chemie
8.2 Mathematische Methoden der Physik I

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 8.1: Einführung in die Allgemeine Chemie

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
8.1.1: Vorlesungsteile:
a) Teil „Allgemeine Chemie“ des Chemie Basismoduls B1 (2SWS)
b) Teil „Grundlagen der Anorganische Chemie“ des Chemiebasismoduls B1 (1 SWS)
8.1.2: Praktikum „Anorganische Chemie für Studierende der Physik“ (Blockpraktikum)

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Lehrenden, Professor(inn)en und Dozent(inn)en der Chemie im Wechsel

4. Lehrinhalte:
Kernpunkte der Vorlesungsteile:
Aufbau der Materie (Atome, Periodensystem, Moleküle, Arten der chemischen Bindung, Bindungskonzepte: VSEPR-Modell, MO-Theorie); Chemie in wässriger Lösung, Säure-Base-Theorien, Solvatation, Hydrolyse, Stöchiometrie, Löslichkeitsprodukt, pH- und pK-Wert-Berechnungen, Titrationen, Puffersysteme, Komplexe; Redox-Reaktionen; Strukturchemie (Kristallsysteme, Gittertypen, Kugelpackungen); Chemie in Schmelzen; Kolloidchemie; Überblick über Hauptgruppenelemente, Chemie ausgewählter Hauptgruppenelemente (Wasserstoff, Edelgase, Alkali-, Erdalkalimetalle, Halogene, Sauerstoff, Schwefel, Bor, Aluminium, Stickstoff, Phosphor, Kohlenstoff, Silizium).

Die Teilnahme an den parallel zu den Vorlesungsteilen stattfindenden Übungen wird empfohlen.

Das Praktikum hat seinen Schwerpunkt in der quantitativen Elementaranalytik. Außerdem werden einige einfache Präparate hergestellt.

5. Kompetenzen:
Ziel der Vorlesung ist der Erwerb eines grundlegenden Verständnisses der physikalischen und chemischen Eigenschaften von Molekülen und Molekülionen entsprechend unserer heutigen Vorstellungen. Die Studierenden sollen mit den wesentlichen Konzepten und Modellvorstellungen und der Terminologie zur Beschreibung chemischer Verbindungen und Reaktionen vertraut sein.
Ziel des Praktikums ist es, die Planung und Vorbereitung, die Durchführung und quantitative Auswertung von Experimenten zu üben, sowie Entscheidungsgrundlagen für die Wahl geeigneter Methoden zu erhalten. Die Studierenden erstellen ein Protokoll über die Durchführung und die Ergebnisse der Untersuchungen.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Zwei unbenotete Einzelleistungen

7. Erbringungsformen:
8.1.1: Portfolio aus zwei schriftlichen Kenntnisstandsüberprüfungen (Allgemeine und Anorganische Chemie). Die Einzelleistung ist bestanden, wenn insgesamt im Mittel 45% der für

die Kenntnisstandsüberprüfungen zu vergebenden Punkte erreicht wurden.

8.1.2:Portfolio aus Versuchen. Ein Versuch besteht aus

- Überprüfung der Vorkenntnisse (Antestat)
- Versuchsdurchführung und Protokollierung von Beobachtungen und Ergebnissen
- Anfertigen eines schriftlichen Versuchsprotokolls
- Gespräch über das Versuchsprotokoll (Abtestat)

Das Praktikum wird als 2,5 wöchige Blockveranstaltung angeboten. Die Anzahl der Versuche ist so bemessen, dass eine Wiederholung von Versuchen im angegebenen Zeitumfang möglich ist.

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Regelmäßige aktive Teilnahme, Bestehen der Einzelleistungen

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:
Modul 8.1

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
„Allgemeine Chemie“ und „Grundlagen der Anorganischen Chemie“ des Chemie Basismoduls B1 (8.1.1)	3	45	45		1	4
Praktikum Anorganische Chemie für Studierende der Physik (8.1.2)	4	60	30		1	4
Gesamt						8

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Keine

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Wahlpflichtmodul, verwendbar für das Modul 8, des vertiefenden Studiums des Kernfaches Physik *Vertiefung Physik* (FsB 5.3.1)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Vorlesung: jährlich, im Wintersemester
Praktikum: jährlich im September / Oktober

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 8.2: Mathematische Methoden der Physik I
2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
8.2.1 Vorlesung (3 SWS), Übung (1 SWS), betreut in Kleingruppen
8.2.2 Vorlesung (1 SWS), Übung (1 SWS), betreut in Kleingruppen

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Lehrenden, Professor(inn)en und Dozent(inn)en der Theoretischen Physik im Wechsel.

4. Lehrinhalte:
8.2.1 Kernpunkte der Vorlesung sind: Vektorräume, Funktionenräume, komplexe Funktionen
8.2.2. Kernpunkte der Vorlesung sind: Funktionentheorie

5. Kompetenzen:
Ziel der Vorlesungen ist es, die Studierenden mit der natürlichen Sprache der Physik und der Mathematik vertraut zu machen. Die Auswahl der Themen und die Art ihrer Präsentation werden vom Mathematikbedarf des Physikers diktiert.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine benotete Einzelleistung

7. Erbringungsformen:
Klausur

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Bestehen der Klausur (zur Vorlesung und Übung), regelmäßige aktive Teilnahme: begleitend zur Vorlesung muss eine Nacharbeitung anhand von Physik- (Standard) Lehrbüchern erfolgen. Zu den Übungen müssen Aufgaben bearbeitet und in den Übungen vorgerechnet werden, die Übungsaufgaben werden jeweils eine Woche vorher ausgegeben.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Vorlesung 8.2.1	3	45	45	2		5
Übung zur Vorlesung 8.2.1	3	15	15			1
Vorlesung 8.2.2	3	15	15			1
Übung zur Vorlesung 8.2.2	3	15	15			1
Gesamt						8

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Module 4, 32, 33

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Wahlpflichtmodul, verwendbar für das Modul 8, des vertiefenden Studiums des Kernfaches Physik *Vertiefung Physik* (FsB 5.3.1), Teil 8.2.1 ist Pflichtmodul für die Vertiefungen *Nano-wissenschaften* (FsB 5.3.3) und *Biophysik* (FsB 5.3.2)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Jährlich, im Wintersemester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 9: Methoden der Physik

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Das Modul besteht aus

9.1 Proseminar (2 SWS)

und

9.2 Grundpraktikum III (3 SWS) und
9.3 Computerpraktikum (2 SWS)
oder
9.4 Experimentelle Methoden, Vorlesung (2 SWS)

oder

9.5 Mathematische Methoden der Physik II, Vorlesung (4 SWS) und Übung (2 SWS),

entsprechend der folgenden Kombinationsmöglichkeiten:

a) 9.1 + 9.2 + 9.3
b) 9.1 + 9.2 + 9.4
c) 9.1 + 9.5

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Lehrenden, Professor(inn)en und Dozent(inn)en der Physik im Wechsel.

4. Lehrinhalte:
9.1: Im Proseminar wird ein umgrenztes Teilgebiet der Physik behandelt. Die Themen können, je nach Veranstalterin oder Veranstalter wechseln. Beispiele aus den letzten Jahren sind die Themen Astrophysik und Schlüsselexperimente der modernen Physik. Die Studierenden bearbeiten einzelne Kapitel des Teilgebiets und tragen diese in einem Vortrag ihren Kommilitoninnen und Kommilitonen vor.

9.2: Das Grundpraktikum III baut auf dem Modul 5 „Grundlagen physikalischen Experimentierens“ auf. In ihm sollen die dort erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten im Bereich der modernen Physik vertieft und erweitert werden. Neben weiterführenden Versuchen zur Atom-, Kern- und Festkörperphysik wird auch tiefer in die elektronische Mess- und Schaltungstechnik eingeführt.

9.3: Auswahl von 3 Versuchen aus dem typischen Angebot:

- Grundlage von Messgeräten: Digital-Analog-Wandler als wesentlicher Bestandteil von Messgeräten bei der Datenaufnahme
- RS232-Kommunikation (serielle Schnittstelle) zum Datentransfer oder Steuerung von Geräten (z.B. Spektrometer oder Laser)
- Programmierung von Steckkarten im PC (entweder als hardwarenahes Programmieren oder mit Hilfe von Bibliotheken des Herstellers
- Verwendung von modernen Messprogrammen (LabView, DaVis) zur Experimentsteuerung und Datenanalyse
- Konvertierung und Transfer von Daten zwischen verschiedenen Programmen

9.4: Je nach Angebot stehen typischerweise folgende Veranstaltungen zur Auswahl:
Elektronische Messtechnik: Grundbegriffe der Messtechnik, Grenzen der Messung, Rauschen, Standardmessgeräte und ihre Eigenschaften, Grundstruktur einer Messeinrichtung, Statisches und dynamisches Übertragungsverhalten, Geradeaus- und Kompensationsmessmethoden, Brückenschaltungen, ausgewählte elektronische Grundschaltungen, Analoge Rechenschaltungen, Mess- und Kompensationsverstärker, Messung nichtelektrischer Größen (Sensoren), Detektoren für Teilchen und elektromagnetische Strahlung, Ausblick digitale Messtechnik.
Elektronik für Physiker: Es werden die Eigenschaften und grundlegenden Anwendungen der wichtigsten elektronischen Bauelemente vorgestellt: Lineare und nichtlineare Widerstände, Kondensatoren, Induktivitäten, Netzwerke und deren Übertragungsverhalten, Signalausbreitung auf Leitungen, Dioden, Uni- und Bipolare Transistoren, optoelektronische Bauelemente, Bauelemente der Leistungselektronik, Operationsverstärker, spezielle Halbleiterbauelemente, Röhren.
Angewandte Kernphysik: Radioaktivität, Strahlungsdetektoren, Strahlungsquellen, Wechselwirkung mit Materie, Altersbestimmung, Radiographie: Ionenstrahlanalytik, Aktivierungsanalysen, Mößbauerspektroskopie, Kernresonanzmethoden, Radiotomie: Strahlenschäden, Strahlenschutz, Strahlentherapie; Ausblick Kernenergie.
Tieftemperaturphysik: Temperaturabhängige Stoffeigenschaften (Phasendiagramme und Aggregatzustände, räumliche Ausdehnung, Reibung, Viskosität, thermische Leitfähigkeit, elektrische Leitfähigkeit), Supraleitung, Erzeugung tiefer Temperaturen (Kaltdampfmaschinen, Joule-Thompsen-Effekt, Wärmekraftmaschinen), Messverfahren (Temperaturmessung, Druckmessung, Flüssigkeitsniveaus, flussmagnetische Messungen, akustische Messungen, etc., Kryostate (Thermische Isolation, verwendete Materialien, Behälter und Transferleitungen, Aufbau von Kryostaten), Sicherheit/Gefahren im Tieftemperaturbereich.

9.5: Kernpunkte der Veranstaltung sind: Funktionentheorie, Integraltransformationen- und distributionen, Theorie der Hilbert-Räume, spezielle Funktionen, Wahrscheinlichkeitstheorie

5. Kompetenzen
Das Modul dient der Vertiefung methodischen Grundlagenwissens. Im Proseminar soll die Präsentation eines wissenschaftlichen Themas und die wissenschaftliche Diskussion geübt werden. Im Einzelnen:

9.1: Wesentliches Ziel des Proseminars ist die Einübung der Präsentation von wissenschaftlichen Ergebnissen. Dazu gehört die Erarbeitung eines Präsentationskonzeptes, die Benutzung von Präsentationstechniken eigener Wahl – dies kann ein Tafelvortrag sein, die Benutzung von Projektor und Folien oder von elektronischen Medien – sowie, in begrenztem Maße, auch die Recherche von Literatur und Dokumentationsmaterial. Ferner soll im Anschluss an den Vortrag die wissenschaftliche Diskussion geübt werden, nicht allein von der oder dem Vortragenden sondern auch von den übrigen Teilnehmern des Proseminars. Die Veranstalter sind außer in Fällen grober physikalischer Fehler zu inhaltlicher Zurückhaltung aufgefordert.
Im Anschluss an Vortrag und Diskussion wird von Teilnehmern und Veranstaltern gemeinsam die Präsentation diskutiert und kritisiert.

9.2: Die von den Studierenden im Modul 5 erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten werden

hier weiter vertieft und im Hinblick auf moderne und an der Laborpraxis orientierte Techniken erweitert.

9.3: Die Studierenden lernen grundlegende Versuche und entsprechende unterschiedliche Techniken aus der angewandten Physik kennen. Die Versuche müssen ausgewertet und mit theoretischen Konzepten interpretiert werden. Es wird eine abgesteckte Aufgabe in einer Praktikumsgruppe (im Allgemeinen in einer Zweiergruppe) bearbeitet.

9.4: Die jeweilige Veranstaltung führt in grundlegende Phänomene, Meßmethoden und Vorgehensweisen der modernen Experimentalphysik und in die apparativen Techniken ein. Technologische Anwendbarkeiten werden vermittelt. Diese Vorlesungen bereiten auf Tätigkeiten in F & E-Berufsfeldern vor.

9.5: Die in Modul 8.2 erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten werden vertieft und insbesondere mit Hinblick auf Anwendungen in der Quantenmechanik erweitert.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Kombinationsmöglichkeit a (9.1 + 9.2 + 9.3): drei unbenotete Einzelleistungen
Kombinationsmöglichkeit b (9.1 + 9.2 + 9.4: drei unbenotete Einzelleistungen
Kombinationsmöglichkeit c (9.1 + 9.5): zwei unbenotete Einzelleistungen

7. Erbringungsformen:
Seminarvortrag (9.1), Portfolio* bestehend aus 10 Versuchen und 5 testierten Versuchsprotokollen (9.2), Portfolio* bestehend aus 3 Versuchen und 3 testierten Versuchsprotokollen (9.3), Klausur oder mündliche Prüfung (9.4, 9.5)

*: Im praktischen Teil sind die Versuche in Kleingruppen, in der Regel aus zwei Studierenden bestehend, durchzuführen, die von Tutoren betreut werden. Jeder Versuch beginnt mit einer selbständigen Vorbereitung der theoretischen und experimentellen Grundlagen. Entsprechende Hinweise finden sich in der zur Verfügung gestellten Versuchsanleitung, die neben einem kurzen Abriss der Thematik die benötigten Kenntnisse stichwortartig umreißt und Literaturhinweise für das Selbststudium bietet. Bevor mit dem eigentlichen Versuch begonnen wird, wird in einer Vorbesprechung (Antestat) festgestellt, ob der Studierende über die für eine sichere Versuchsdurchführung notwendigen Kenntnisse verfügt. Die Durchführung des Experimentes, die Messergebnisse und deren Auswertung werden in einem eigenständigen und qualifizierten Protokoll dokumentiert, das durch eine kritische Diskussion der Ergebnisse zu ergänzen ist. Die Protokolle werden korrigiert und mit den Tutoren diskutiert.

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Regelmäßige aktive Teilnahme an der jeweiligen Veranstaltung und Erbringung der geforderten Einzelleistung

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Kombinationsmöglichkeit a (9.1 + 9.2 + 9.3):

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Proseminar (9.1)	4	30	30		1	3
Grundpraktikum III (9.2)	4	45	45		1	4
Computerpraktikum (9.3)	4	30	30		1	3
Gesamt						10

Kombinationsmöglichkeit b (9.1 + 9.2 + 9.4):

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Proseminar (9.1)	4	30	30		1	3
Grundpraktikum III (9.2)	4	45	45		1	4
Vorlesung Experimentelle Methoden (9.4)	4	30	30		1	3
Gesamt						10

Kombinationsmöglichkeit c (9.1 + 9.5):

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Proseminar (9.1)	4	30	30		1	3
Vorlesung Mathematische Methoden der Physik II (9.5)	4	60	60		1	5
Übung zur Vorlesung Mathematische Methoden der Physik II (9.5)	4	30	30			2
Gesamt						10

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Module 3 und 6, zusätzlich Modul 5 für die Veranstaltungen unter Ziffer 9.2 und 9.3 bzw. Modul 8.2 für die Veranstaltung unter Ziffer 9.5.

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Wahlpflichtmodul des vertiefenden Studiums des Kernfaches Physik *Vertiefung Physik* (FsB

5.3.1)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
9.1, 9.2 und 9.5: jährlich, im Sommersemester,
9.3: Blockveranstaltung (Februar/März und September/Oktober)
9.4: Regelmäßig, aber nicht unbedingt in festem Turnus.

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 10 und 63.1: Theoretische Physik III (Statistische Mechanik)

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS), betreut in Kleingruppen

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Lehrenden, Professor(inn)en und Dozent(inn)en der Theoretischen Physik im Wechsel

4. Lehrinhalte:
Kernpunkte der Veranstaltung sind:
Thermodynamik: Grundkonzepte, thermodynamisches Gleichgewicht, System und Umgebung (Wärmebäder), Zustand, Zustandsgrößen, Hauptsätze der Thermodynamik, Entropie, thermodynamische Potentiale, Zustandsgleichungen, Gleichgewichts- und Stabilitätsbedingungen, thermodynamische Koeffizienten, Anwendungen (z.B. Chemische Reaktionen, Wärmekraftmaschinen, Thermodynamik von Phasenübergängen);
Grundlagen der statistischen Physik: Mikroskopische Definitionen der Entropie, Wärme und Temperatur, Gesamtheiten, Zustandssummen, freie Energien, thermodynamischer Limes, Fluktuationen, Beziehung zur Thermodynamik und Informationstheorie;
Quantenstatistik: Statistische Quantenmechanik, Ideale Quantengase, Bose-Einstein- und Fermi-Dirac-Verteilung, Stark entartete Fermi- und Bosegase, Bose-Einstein-Kondensation;
Ausblick in weiterführende Themen, z.B. Prozesse fern vom thermodynamischen Gleichgewicht, Phasenübergänge und Computersimulationsmethoden.

5. Kompetenzen:
In der Veranstaltung wird vermittelt, wie die Tatsache, dass es in makroskopischen Systemen mit sehr vielen Freiheitsgraden durch das Zusammenspiel vieler gleichartiger Elemente zu neuen physikalischen Phänomenen und Gesetzmäßigkeiten kommt, mikroskopisch begründet und phänomenologisch beschrieben werden kann. Die Studierenden werden mit zentralen Begriffen wie „thermodynamisches Gleichgewicht“ und „Entropie“ vertraut und lernen Konzepte kennen, die sehr breit und weit über die Physik hinaus angewendet werden können, z.B. in Chemie, Biologie, Ingenieurwissenschaften bis hin zu Wirtschafts- und Sozialwissenschaften.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine benotete Einzelleistung

7. Erbringungsformen:
mündliche Prüfung

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Bestehen der mündlichen Prüfung (zur Vorlesung und Übung), regelmäßige aktive Teilnahme: Begleitend zur Vorlesung muss eine Nacharbeitung anhand von Physik- (Standard) Lehrbüchern erfolgen. Zu den Übungen müssen Aufgaben gelöst und in den Übungen vorgerechnet werden, die Übungsaufgaben werden jeweils eine Woche vorher ausgegeben.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontakt-stunden	Selbst-studium	beno-tet	unbenotet	
Theoretische Physik III (V)	5*	60	60	2		6
Übung zur Vorlesung	5*	30	60			3
Gesamt						9

*: wird der Masterstudiengang Biophysik oder Nanowissenschaften studiert (FsB 4), so wird das Modul für das 1. Semester empfohlen.

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Modul 7

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Modul 10:
Pflichtmodul des vertiefenden Studiums des Kernfaches Physik *Vertiefung Physik* (FsB 5.3.1)

Modul 63.1:
Wahlpflichtmodul der Masterstudiengänge Biophysik und Nanowissenschaften (FsB 4)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Jährlich, jeweils im Wintersemester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 11: Wahlpflichtmodul A

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Als Wahlpflichtmodul A können folgende Module gewählt werden:

11.1 Festkörper- und Oberflächenphysik I
11.2 Atom- und Molekülphysik I
11.3 Kernphysik
11.4 Elementarteilchenphysik
11.5 Biophysik
11.6 Computerphysik

Die Module bestehen aus einer Vorlesung (4 SWS) und Übungen (2 SWS).
Es ist zu beachten, dass als Wahlpflichtmodul A bzw. B mindestens eine Veranstaltung aus den Ziffern 11.1-11.4 stammen muss.

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 11.1: Festkörper- und Oberflächenphysik I
und Modul 15: Festkörperphysik

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Vorlesung (4 SWS) mit Demonstrationsexperimenten, Übung (2 SWS), betreut in Kleingruppen

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Lehrenden, Professor(inn)en und Dozent(inn)en der Physik im Wechsel.

4. Lehrinhalte:
Die Lehrveranstaltungen führen die Studierenden in die Konzepte, Methoden und Ergebnisse der modernen Festkörper- und Oberflächenphysik ein.
Schwerpunkte der Veranstaltung sind:

- Aufbau kondensierter Materie (Kristalle, amorphe Systeme)
- Konzepte zur Beschreibung periodischer Strukturen (Gitter, Basis, reziprokes Gitter)
- Strukturbestimmung (Röntgen-, Elektronen- und Neutronenbeugung, Rastermethoden)
- Bindungstypen- und –Energien
- Elastische Eigenschaften und Gitterschwingungen
- Thermische Eigenschaften (Wärmeleitung,-Kapazität)
- Metallisches Verhalten: das Modell des Freien Elektronengases (elektrische Leitfähigkeit, Abschirmung, Hall-Effekt)
- Das fast Freie Elektronengas: Elektronische Bandstruktur(Bänder, Bandlücken)
- Metalle
- Isolatoren und Halbleiter
- Besonderheiten an Oberflächen
- Magnetische Eigenschaften
- Phänomenologie der Supraleitung

5. Kompetenzen:
Die Studierenden lernen die wichtigsten strukturellen Eigenschaften von Festkörpern und die für periodische Gitter entwickelten grundlegenden Begriffe und theoretischen Konzepte kennen. Sie erwerben grundlegende Kenntnisse zu den experimentellen Methoden, verstehen die wesentlichen Phänomene, die das Verhalten kondensierter Materie kennzeichnen und gewinnen Einblick in deren technologische Anwendungen.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine benotete Einzelleistung

7. Erbringungsformen:
Klausur oder mündliche Prüfung

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Bestehen der Klausur/mündlichen Prüfung (über Vorlesung und Übung), regelmäßige aktive Teilnahme: begleitend zur Vorlesung muss eine Nacharbeitung anhand von Physik- (Stan-

dard) Lehrbüchern erfolgen. Zu den Übungen müssen Aufgaben bearbeitet und in den Übungen vorgerechnet werden, die Übungsaufgaben werden jeweils eine Woche vorher ausgegeben.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Festkörper- und Oberflächenphysik I (V)	4*	60	60	2		6
Übung zur Vorlesung	4*	30	60			3
Gesamt						9

*: wird dieses Modul als Wahlpflichtmodul B des vertiefenden Studiums des Kernfaches Physik *Vertiefung Physik* (FsB 5.3.1) gewählt, so ist es für das 6. Semester empfohlen

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Modul 3

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Modul 11.1:
Wahlpflichtmodul des Bachelorstudienganges mit Kernfach Physik *Profil Physik* (FsB 5.2.3)
Wahlpflichtmodul des vertiefenden Studiums im Bachelorstudiengang *Vertiefung Physik* (FsB 5.3.1)

Modul 15:
Pflichtmodul des Bachelorstudienganges mit Kernfach Physik *Profil Nanowissenschaften* (FsB 5.2.5)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Jährlich, im Sommersemester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 11.2 und 62: Atom- und Molekülphysik I

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS), betreut in Kleingruppen

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Lehrenden, Professor(inn)en und Dozent(inn)en der Physik im Wechsel

4. Lehrinhalte:
Kernpunkte der Veranstaltung sind:
Experimentelle und quantenmechanische Grundlagen: Geschichte und fundamentale Experimente, Postulate der Quantenmechanik und wichtige Sätze, Quantenmechanik des Bahndrehimpulses, Stationäre und nicht-stationäre Zustände, Das Zentralfeldproblem
Atome mit einem Elektron: Wellenfunktionen und Energieeigenwerte von Wasserstoff und ähnlichen Systemen, Rydbergatome: Theorie und Experimente, Alkali-Atome: Theorie, Experimente und die Entdeckung des Elektronenspins, Elektronenspin und Drehimpulskopplung, Feinstruktur und Hyperfeinstruktur von Wasserstoff- und Alkaliatomen
Wechselwirkung von Atomen mit äußeren Feldern: Wechselwirkung mit kohärenter und inkohärenter elektromagnetischer Strahlung, Dipol- und höhere Multipolübergänge: Auswahlregeln, Polarisation emittierter und absorbierter Strahlung und die Helizität des Photons, Form von Spektrallinien und die Lebensdauer von Zuständen: Theorie und Experimente, der normale und anomale Zeeman-Effekt: die Polarisation der emittierten/absorbierten Strahlung, der Paschen-Back-Effekt, Optisches Pumpen, Doppelresonanz, Abbremsen von Atomen durch Laserstrahlung, Abkühlen von Atomen in magneto-optischen Fallen
Atome mit zwei und mehr Elektronen: Das He-Atom und das Anti-Symmetrisierungspostulat, Grundzustand, einfach angeregte und auto-ionisierende Zustände von He, die Zentralfeldnäherung für N Elektronen, das Periodensystem der Elemente und die Elektronenkonfiguration, die Russel-Saunders-Kopplung, Äquivalente Elektronen, die Spin-Bahn-Wechselwirkung, Hund'sche Regeln: die Grundzustandsterme der Elemente, j-j-Kopplung, Röntgen-Strahlung. Theorie und Experimente
Moleküle (kurze Einführung): Bindungstypen, zweiatomige Moleküle, Freiheitsgrade

5. Kompetenzen:
Die Studierenden lernen die grundlegenden Begriffe, Phänomene und Konzepte der Atomphysik kennen. Der Inhalt der Veranstaltung ermöglicht es den Studierenden, anhand theoretischer Methoden Aufbau, Struktur und fundamentale Eigenschaften der Atome zu verstehen. Besonderes Gewicht wird auf die Darstellung der Wechselwirkung von Atomen mit äußeren Feldern, insbesondere mit Licht als Grundlagen der Atomspektroskopie, gelegt. Das erlernte Wissen wird mit der Diskussion grundlegender Experimente, Phänomene und moderner technischer und wissenschaftlicher Anwendungen vertieft. Die Studierenden sind in der Lage, Aufgaben aus diesem Bereich selbstständig zu lösen.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine benotete Einzelleistung

7. Erbringungsformen:
Klausur oder mündliche Prüfung

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Bestehen der Klausur/mündlichen Prüfung (über Vorlesung und Übung), regelmäßige aktive Teilnahme: begleitend zur Vorlesung muss eine Nacharbeitung anhand von Physik- (Standard) Lehrbüchern erfolgen. Zu den Übungen müssen Aufgaben bearbeitet und in den Übungen vorgerechnet werden, die Übungsaufgaben werden jeweils eine Woche vorher ausgegeben.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Atom- und Molekülphysik I (V)	5*	60	60	2		6
Übung zur Vorlesung	5*	30	60			3
Gesamt						9

*: wird das Modul als Pflichtmodul der Masterstudiengänge Biophysik und Nanowissenschaften studiert (FsB 4), so ist es für das 1. Semester empfohlen

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Modul 3

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Modul 11.2:
Wahlpflichtmodul des Bachelorstudienganges mit Kernfach Physik *Profil Physik* (FsB 5.2.3)
Wahlpflichtmodul des vertiefenden Studiums im Bachelorstudiengang *Vertiefung Physik* (FsB 5.3.1)
Modul 62:
Pflichtmodul der Masterstudiengänge Biophysik und Nanowissenschaften (FsB 4)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Jährlich, im Wintersemester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 11.3: Kernphysik

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS), betreut in Kleingruppen

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Lehrenden, Professor(inn)en und Dozent(inn)en der Physik im Wechsel

4. Lehrinhalte:
Schwerpunkte der phänomenologisch orientierten Veranstaltung sind:
Globale Kerneigenschaften, Kernstabilität, Streuprozesse, Gestalt der Kerne, Struktur von Proton und Neutron - Quarks in Hadronen, Struktur der Kerne und der Kernkraft – Kernmodelle, Symmetrieverhalten und schwache Zerfälle, kernphysikalische Aspekte der Astrophysik, Kernphysik im frühen Universum und in Schwerionenkollisionen, Kernenergie und andere Anwendungen.

5. Kompetenzen:
Die Veranstaltung hat zum Ziel, eine Einführung über die physikalischen Eigenschaften und Wechselwirkungen von Kernen zu geben und grundlegende Begriffe, Phänomene und Konzepte zu vermitteln. Es soll ein Verständnis für die Bedeutung kernphysikalischer Prozesse in vielen, für die Menschheit wichtigen Bereichen erreicht werden. Schließlich sollen sowohl die nützlichen als auch schädlichen Aspekte radioaktiver Strahlung verstanden werden.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine benotete Einzelleistung

7. Erbringungsformen:
Klausur oder mündliche Prüfung

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Bestehen der Klausur/mündlichen Prüfung (über Vorlesung und Übung), regelmäßige aktive Teilnahme: begleitend zur Vorlesung muss eine Nacharbeitung anhand von Physik- (Standard) Lehrbüchern erfolgen. Zu den Übungen müssen Aufgaben bearbeitet und in den Übungen vorgerechnet werden, die Übungsaufgaben werden jeweils eine Woche vorher ausgegeben.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Kernphysik (V)	5	60	60	2		6
Übung zur Vorlesung	5	30	60			3
Gesamt						9

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Module 3 und 7

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Wahlpflichtmodul des Bachelorstudienganges mit Kernfach Physik *Profil Physik* (FsB 5.2.3)
Wahlpflichtmodul des vertiefenden Studiums im Bachelorstudiengang *Vertiefung Physik* (FsB 5.3.1)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Jährlich, jeweils im Wintersemester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 11.4: Elementarteilchenphysik

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS), betreut in Kleingruppen

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Lehrenden, Professor(inn)en und Dozent(inn)en der theoretischen Physik im Wechsel

4. Lehrinhalte:
Kernpunkte der Veranstaltung sind:
Der Teilchenzoo, Relativistische Quantenmechanik, Symmetrien und Erhaltungssätze, Streuung, Quantenelektrodynamik, Starke Wechselwirkung, Schwache Wechselwirkung, Das Standardmodell: Vereinheitlichung von elektromagnetischer und schwacher Wechselwirkung, offene Fragen: Higgs-Boson, Neutrino Massen, Physik jenseits des Standardmodells

5. Kompetenzen:
Das Modul gibt eine grundlegende Einführung in den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnis der Physik elementarer Teilchen. Vermittelt werden soll auch, wie diese Kenntnis aus Experimenten an Teilchenbeschleunigern, die die Elementarteilchen auf hohe und höchste Energien bringen, als auch aus verschiedenen theoretischen Überlegungen, wie mathematische und logische Konsistenz der vorgeschlagenen Naturgesetze, erwächst. Die Studierenden sollen mit den grundlegenden Begriffen, Phänomenen und Konzepten vertraut werden.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine benotete Einzelleistung

7. Erbringungsformen:
Klausur oder mündliche Prüfung

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Bestehen der Klausur/mündlichen Prüfung (über Vorlesung und Übung), regelmäßige aktive Teilnahme: begleitend zur Vorlesung muss eine Nacharbeitung anhand von Physik- (Standard) Lehrbüchern erfolgen. Zu den Übungen müssen Aufgaben bearbeitet und in den Übungen vorgerechnet werden, die Übungsaufgaben werden jeweils eine Woche vorher ausgegeben.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Elementarteilchephysik (V)	5	60	60	2		6
Übung zur Vorlesung	5	30	60			3
Gesamt						9

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Modul 3 und 7, Grundkenntnisse der speziellen Relativitätstheorie sind nützlich

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Wahlpflichtmodul des Bachelorstudienganges mit Kernfach Physik *Profil Physik* (FsB 5.2.3)
Wahlpflichtmodul des vertiefenden Studiums im Bachelorstudiengang *Vertiefung Physik* (FsB 5.3.1)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Jährlich, jeweils im Wintersemester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 11.5: Biophysik I
und Modul 14: Biophysik

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS), betreut in Kleingruppen

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Lehrenden, Professor(inn)en und Dozent(inn)en der Physik im Wechsel

4. Lehrinhalte:
Kernpunkte der Veranstaltungen sind:

- Struktur übergeordneter Systeme (Zellen, Bakterien, Viren)
- Chem. und physikal. Grundlagen des Lebens
- Wasser und Hydrophobizität
- Intra- und intermolekulare Wechselwirkungen (Bindungen: kovalent, van-der-Waals, H-Brücken,...)
- Molekulare Biophysik (Aminosäuren, Proteine, Lipide, Zucker, Nukleinsäuren,...)
- Proteinfaltung
- Biologische Funktion von Nukleinsäuren
- Biologische Membranen (Lipiddoppelschichten, BLM,...)
- Mikroskopie: Lichtmikroskopie; Elektronenmikroskopie; Rastersondenmikroskopie, Rasterkraftmikroskopie;
- Optische Spektroskopie (Absorption, Fluoreszenz...), CD
- Spektroskopische Methoden (FCS, CD, FRET, FRAP,...); NMR.
- Molekulare Erkennung
- Streumethoden

5. Kompetenzen:
Die Veranstaltung gibt einen Überblick über die Struktur, die Funktion sowie die Organisation von biologischen Makromolekülen (Proteine, DNA,...) und führt in die Grundlagen moderner biophysikalischer Methoden ein. Die Studierenden lernen die grundlegenden Begriffe der experimentellen Methoden zur Beschreibung und Charakterisierung von Biomolekülen kennen und verstehen die wesentlichen Phänomene, die das Verhalten von biologischen Makromolekülen kennzeichnen. Sie erwerben Einblick in technologische Anwendungen. Die Inhalte der Vorlesung werden in der Übung exemplarisch vertieft.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine benotete Einzelleistung

7. Erbringungsformen:
Klausur oder mündliche Prüfung

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Bestehen der Klausur/mündlichen Prüfung (über Vorlesung und Übung), regelmäßige aktive Teilnahme: begleitend zur Vorlesung muss eine Nacharbeitung anhand von Physik- (Standard) Lehrbüchern erfolgen. Zu den Übungen müssen Aufgaben bearbeitet und in den Übungen vorgerechnet werden, die Übungsaufgaben werden jeweils eine Woche vorher ausgegeben.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontakt-stunden	Selbst-studium	beno-tet	unbenotet	
Biophysik I (V)	4*	60	60	2		6
Übung zur Vorlesung	4*	30	60			3
Gesamt						9

*: wird dieses Modul als Wahlpflichtmodul B des vertiefenden Studiums des Kernfaches Physik *Vertiefung Physik* (FsB 5.3.1) gewählt, so ist es für das 6. Semester empfohlen

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Modul 3

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Modul 11.5:
Wahlpflichtmodul des Bachelorstudienganges mit Kernfach Physik *Profil Physik* (FsB 5.2.3)
Wahlpflichtmodul des vertiefenden Studiums im Bachelorstudiengang *Vertiefung Physik* (FsB 5.3.1)
Modul 14:
Pflichtmodul des Bachelorstudienganges mit Kernfach Physik *Profil Biophysik* (FsB 5.2.4)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Jährlich, im Sommersemester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 11.6: Computerphysik

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS), in einem Computerarbeitsraum

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Lehrenden, Professor(inn)en und Dozent(inn)en der theoretischen Physik im Wechsel

4. Lehrinhalte:
Im Einzelnen werden die folgenden Inhalte behandelt:
Interpolation und Approximation, Numerische Integration, Iterationsverfahren, Nichtlineare Optimierungstechniken, Gewöhnliche Differentialgleichungen, Lineare Gleichungssysteme und Eigenwertprobleme, Zufallszahlen und Monte-Carlo-Methoden, Molekulardynamik-Simulationen.

5. Kompetenzen:
Diese Lehrveranstaltung dient der Einführung in die Lösung physikalischer Probleme mit Hilfe des Computers. Dazu gehören insbesondere die Auswertung vorhandener Formeln für spezielle physikalische Prozesse und die Darstellung der Ergebnisse auf dem Bildschirm, die Lösung von Gleichungen, z. B. Differentialgleichungen und die Berechnung von Integralen, die in der Physik auftreten sowie die Simulation von physikalischen Systemen und Prozessen. Es sollen Fertigkeiten und Kenntnisse über

- Numerische Verfahren, die entweder der Numerischen Mathematik entstammen oder die speziell für das physikalische Problem entworfen wurden
- die Aufbereitung des Problems zur praktischen Durchführung am Computer
- die Programmierung und den Test der Programme anhand der Beispiele („learning by doing“, zu Beginn gibt es eine Einführung in die Programmierung während der Übungen)
- Fehlerquellen, die durch die Benutzung des Computers entstehen können und deren Vermeidung
- die Auswertung und graphische Darstellung der Daten

erworben werden. Damit werden die Studierenden mit den zentralen Aufgaben der Computerphysik vertraut und lernen Konzepte kennen, die breit und weit über die Physik hinaus angewandt werden, z.B. in den Ingenieurwissenschaften bis hin zu Wirtschafts- und Sozialwissenschaften.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine benotete Einzelleistung

7. Erbringungsformen:
Klausur oder mündliche Prüfung

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Bestehen der Klausur/mündlichen Prüfung (über Vorlesung und Übung), regelmäßige aktive Teilnahme: begleitend zur Vorlesung muss eine Nacharbeitung anhand von Physik- (Standard) Lehrbüchern erfolgen. Zu den Übungen müssen Aufgaben bearbeitet und in den

Übungen vorgerechnet werden, die Übungsaufgaben werden jeweils eine Woche vorher ausgegeben.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Computerphysik (V)	5	60	60	2		6
Übung zur Vorlesung	5	30	60			3
Gesamt						9

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Module 3 und 4, Modul 6 wird empfohlen

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Wahlpflichtmodul des Bachelorstudienganges mit Kernfach Physik *Profil Physik* (FsB 5.2.3)
Wahlpflichtmodul des vertiefenden Studiums im Bachelorstudiengang *Vertiefung Physik* (FsB 5.3.1)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Jährlich, jeweils im Sommersemester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 12: Wahlpflichtmodul B

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Als Wahlpflichtmodul B können folgende Module gewählt werden:

11.1 Festkörper- und Oberflächenphysik I
11.2 Atom- und Molekülphysik I
11.3 Kernphysik
11.4 Elementarteilchenphysik
11.5 Biophysik
11.6 Computerphysik

Die Module bestehen aus einer Vorlesung (4 SWS) und Übungen (2 SWS).
Es ist zu beachten, dass als Wahlpflichtmodul A bzw. B mindestens eine Veranstaltung aus den Ziffern 11.1-11.4 stammen muss.

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 13, 13b und 13c: Grundgebiete für Lehramtsstudierende

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Modul 13: 2 Vorlesungen, jeweils 4SWS V
Modul 13b: 2 Vorlesungen mit Übungen, jeweils 4SWS V + 2 SWS Ü
Modul 13c: 1 Vorlesung, 4SWS V

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Lehrenden, die Professor(inn)en und Dozent(inn)en der Physik im Wechsel

4. Lehrinhalte:
In diesem Modul werden zwei Vorlesungen aus Modul 11

- Festkörper- und Oberflächenphysik I (11.1)
- Atom- und Molekülphysik I (11.2)
- Kernphysik (11.3)
- Elementarteilchenphysik (11.4)
- Biophysik I (11.5)
- Computerphysik (11.6)

gehört. Für das Modul 13b ist außerdem die Teilnahme an der Übung zu der Vorlesung vorgesehen, in der die Einzelleistung erbracht werden soll.

5. Kompetenzen:
Ziel dieses Moduls ist es, in wenigstens ein oder zwei der genannten Gebiete einen, wenn auch nicht durch Übungspraxis gesicherten so doch grundlegenden Überblick über den momentanen Stand der Forschung in einem Teilgebiet der Physik zu gewinnen. Exemplarisch sollen Kenntnisse, Konzepte und Methoden der modernen Physik vermittelt werden.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine benotete Einzelleistung

7. Erbringungsformen:
Klausur oder mündliche Prüfung

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Regelmäßige aktive Teilnahme, Bestehen der Klausur oder der mündlichen Prüfung

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Modul 13:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Eine Vorlesung aus 11.1-11.6 (V1)	4/5	60	60	2		6
Eine weitere Vorlesung aus 11.1-11.6 (V2)	4/5	60	60			4
Gesamt						10

Modul 13b:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Eine Vorlesung aus 11.1-11.6 (V1)	4/5	60	60	2		6
Übung zur Vorlesung V1	4/5	30	30			2
Eine weitere Vorlesung aus 11.1-11.6 (V2)	4/5	60	60			4
Gesamt						12

Modul 13c:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Eine Vorlesung aus 11.1-11.6 (V1)	4/5	60	60	2		6
Gesamt						6

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:

Modul 3 bzw. 7

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:

Modul 13:

Pflichtmodul des Bachelorstudienganges Kernfach Physik *Profil Lehramt Gymnasium und Gesamtschule*(FSB 5.2.1)

Modul 13b:

Pflichtmodul des Masterstudienganges Physik *Lehramt an Gymnasium und Gesamtschule als zweites Unterrichtsfa*ch (FSB 4.1.2)

Modul 13c:
Pflichtmodul des Masterstudienganges Physik *Lehramt an Gymnasium und Gesamtschule als Fortsetzung des Bachelorstudienganges* (FSB 4.2.2)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Zweisemestrig, Sommer und Wintersemester (s. Modul 11)

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 16: Fortgeschrittenenpraktikum Physik I

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Praktikum (4 SWS)

3. Modulverantwortliche(r):
Dr. A. Brechling, Prof. U. Heinzmann

4. Lehrinhalte:
Es werden ausgewählte und grundlegende Experimente zur modernen und angewandten Physik aus den Bereichen Optik, Atom- und Kernphysik, Quantenmechanik und Messtechnik/ physikalische Praxis durchgeführt.
Auswahl aus dem typischen Angebot: Röntgenspektrometer, Zeeman-Effekt, Ladungstransport in Halbleitern, Optisches Pumpen am Rubidium, Fouriertransformation und Ortsfrequenzfilterung, Laser (He-Ne), Spektren und Lichtquellen, Mikrowellentechnologie, Vakuumversuch, Elektrische Messgrößen, Kraftmikroskop u.a.

5. Kompetenzen:
Die Studierenden lernen grundlegende Versuche und entsprechende unterschiedliche Experimentiertechniken aus der modernen Physik und der angewandten Physik kennen. Die Versuchsergebnisse müssen ausgewertet und mit theoretischen Konzepten interpretiert werden. Es wird eine abgesteckte Aufgabe selbständig in einer Praktikumsgruppe (im Allgemeinen in einer Zweiergruppe) bearbeitet.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine unbenotete Einzelleistung

7. Erbringungsformen:
Portfolio* bestehend aus vier Versuchen und zugehörigen testierten Versuchsprotokollen

*: Im praktischen Teil sind die Versuche in Kleingruppen, in der Regel aus zwei Studierenden bestehend, durchzuführen, die von Tutoren betreut werden. Die Studierenden erhalten vorab eine Versuchsbeschreibungen mit Hinweisen zu vorausgesetzten Kenntnissen, Aufgabenbeschreibung, Versuchsdurchführung und Literatur. Eine intensive Vorbereitung zu den Versuchen muss erfolgen und wird von dem Betreuer vorher überprüft (Antestat). Nach der Versuchsdurchführung muss ein Protokoll (ca. 10 Seiten) mit Theorieüberblick, Versuchsbeschreibung, Auswertung, Fehlerbetrachtung und Reflexion der Ergebnisse erstellt werden. Das Protokoll wird von den Praktikumsgruppen gemeinsam im Team erstellt, der Eigenanteil des einzelnen Studierenden ist zu kennzeichnen. Die Protokolle werden korrigiert und mit den Tutoren diskutiert, nach der ggf. notwendigen Behebung von Mängeln ist das Protokoll testiert und der Versuch abgeschlossen.

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Regelmäßige aktive Teilnahme, Erbringung der geforderten Einzelleistung

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontakt-stunden	Selbst-studium	beno-tet	unbenotet	
Fortgeschrittenenpraktikum Physik I	5	60	60		2	6
Gesamt						6

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Modul 5

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul des vertiefenden Studiums im Bachelorstudiengang *Vertiefung Physik* (FsB 5.3.1)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Jährlich, im Winter- und im Sommersemestersemester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 17: Fortgeschrittenenpraktikum Physik für Lehramt

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Praktikum (4 SWS)

3. Modulverantwortliche(r):
Dr. M. Schüttpelz

4. Lehrinhalte:
Es werden ausgewählte und grundlegende Experimente/ Versuche zur modernen und angewandten Physik aus den Bereichen Optik, Atom- und Kernphysik, Quantenmechanik und Messtechnik/ physikalischen Praxis durchgeführt.
Auswahl aus dem typischen Angebot: Röntgenspektrometer, Zeeman-Effekt, Ladungstransport in Halbleitern, Optisches Pumpen am Rubidium, Fouriertransformation und Ortsfrequenzfilterung, Laser (He-Ne), Spektren und Lichtquellen, Mikrowellentechnologie, Vakuumversuch, Elektrische Messgrößen, Kraftmikroskop u.a.

5. Kompetenzen:
Die Studierenden lernen grundlegende Versuche und entsprechende unterschiedliche Experimentiertechniken aus der modernen Physik und der angewandten Physik kennen. Die Versuchsergebnisse müssen ausgewertet und mit theoretischen Konzepten interpretiert werden. Es wird eine abgesteckte Aufgabe selbständig in einer Praktikumsgruppe (im Allgemeinen in einer Zweiergruppe) bearbeitet.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine unbenotete Einzelleistung

7. Erbringungsformen:
Portfolio* bestehend aus vier Versuchen und zugehörigen testierten Versuchsprotokollen

*: siehe Modul 16

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Regelmäßige aktive Teilnahme, Erbringung der geforderten Einzelleistung

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Fortgeschrittenenpraktikum Physik I	5*	60	30		2	5
Gesamt						5

*: wird das Modul als Pflichtmodul des Masterstudienganges Physik Lehramt an Gymnasium und Gesamtschule als zweites Unterrichtsfach (FSB 4.1.2) studiert, so ist es für das 3. Semes-

ter empfohlen; wird das Modul als Pflichtmodul des Masterstudienganges Physik Lehramt an Gymnasium und Gesamtschule als Fortsetzung des Bachelorstudienganges (FSB 4.2.2) studiert, so ist es für das 1. Semester empfohlen.

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Modul 5

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul des Bachelorstudienganges Kernfach Physik *Profil Lehramt Gymnasium und Gesamtschule*(FSB 5.2.1)
Pflichtmodul des Masterstudienganges Physik Lehramt an Gymnasium und Gesamtschule als zweites Unterrichtsfach (FSB 4.1.2)
Pflichtmodul des Masterstudienganges Physik Lehramt an Gymnasium und Gesamtschule als Fortsetzung des Bachelorstudienganges (FSB 4.2.2)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Jährlich, im Winter- und im Sommersemester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 18: Moderne Biophysik

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:

1. Seminar (2 SWS)
2. Vorlesung (4 SWS) (Biophysik II)
3. Biophysik-Praktikum (4 SWS)

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind Frau Dr. Katja Tönsing / Prof. Dr. Dario Anselmetti

4. Lehrinhalte:
1. Seminar: Vorträge zu aktuellen Themen der Biophysik (Die Themen werden mit dem Betreuer abgesprochen und Literatur wird teilweise angegeben), Präsentation eines wissenschaftlichen Vortrags mit Diskussion und Literaturrecherchen

2. Vorlesung: Vertiefung biophysikalischer Kenntnisse:

- Thermodynamik; Gleichgewichtsreaktionen; Bindungsgleichgewichte; Kinetik; Enzymkinetik
- Oberflächenkinetik: Oberflächen und Grenzflächen (Oberflächenpotenziale, Oberflächenchemie,...); Elektrokinetik

Spezielle Themen der Biophysik:

- Eigenschaften biologischer Polymere: Statistische Makromolekülmodelle,
- Mechanische Einzelmolekülexperimente
- Kräfte in der Natur: *Muskel*
- Molekulare Motoren *(Kinesin, Dynein, Polymerasen, ATPase);* Zellbewegung
- Strukturproteine: *Zytoskelett, Zelladhäsion*
- Membranen und Transport: *Diffusion, Nernst-Gl., Nernst-Planck-Gl., Goldman-Gl., Hodgkin-Huxley-Gl.*
- Elektrophysiologie
- Ladungstransport in Biomolekülen
- Biosensorik, Bioanalytik
- Photobiophysik (Sehprozess, Bacteriorhodopsin)

Aktuelle Themen
Der Besuch der Übungen zur Vorlesung wird im Rahmen der „Individuellen Ergänzung“ dringend empfohlen.

3. Praktikum: Die Veranstaltung behandelt die Struktur und Funktion von Biomolekülen. Kernpunkte der Veranstaltung sind:
Biophysikalische Grundkenntnisse: Aufbau und Struktur von Biomolekülen (Proteine, DNA, Lipide,..), Bindungsgleichgewichte,
Methoden und praktische Fertigkeiten: Präparation von Biomolekülen, Umgang mit einem Rasterkraftmikroskop, Umgang mit einem Langmuirtrog, Umgang mit einem Fluorimeter, Zelluläre Automaten & Populationsdynamik, Molekular-Dynamik-Simulation von Biomolekülen, Abfassung wissenschaftlicher Protokolle

5. Kompetenzen:
1. Es wird anhand von Lehrbüchern und ggf. englischer Originalliteratur ein Vortrag ausgearbeitet und im Biophysik-Seminar präsentiert mit anschließender Diskussion.
2. Die Veranstaltung gibt einen Überblick über die Struktur, die Funktion sowie die Organisation von biologischen Makromolekülen (Proteine, DNA,...) und führt in die Grundlagen moderner biophysikalischer Methoden ein. Die Studierenden lernen die grundlegenden Begriffe der experimentellen Methoden zur Beschreibung und Charakterisierung von Biomolekülen kennen und verstehen die wesentlichen Phänomene, die das Verhalten von biologischen Makromolekülen kennzeichnen. Sie erwerben Einblick in technologische Anwendungen.
3. Die Studierenden lernen den Aufbau ausgewählter grundlegender Versuche aus der modernen Physik und unterschiedliche Experimentiertechniken aus dem wissenschaftlichen Umfeld der Fachrichtung Biophysik kennen und erfahren, wie Experimente ausgewertet werden und welche theoretischen Konzepte zu ihrer Interpretation benötigt werden. Sie erwerben die Fähigkeit, eine eng abgesteckte Aufgabe selbstständig zu bearbeiten.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine benotete und zwei unbenotete Einzelleistungen

7. Erbringungsformen:
Seminarvortrag (18.1), Klausur oder mündliche Prüfung (18.2) und Portfolio* (18.3), bestehend aus vier Versuchen und zugehörigen testierten Versuchsprotokollen

*: siehe Modul 16

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Regelmäßige aktive Teilnahme an den Veranstaltungen, Erbringung der Einzelleistungen

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Seminar (18.1)	4/5	30	30		1	3
Vorlesung Biophysik II (18.2)	5	60	60	2		6
Biophysikpraktikum (18.3)	5	60	60		2	6
Gesamt						15

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Modul 3 für 18.1, Modul 14 für 18.2 und 18.3

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul des vertiefenden Studiums im Bachelorstudiengang *Vertiefung Biophysik* (FsB 5.3.2)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
18.1 in jedem Semester, 18.2 und 18.3 jährlich im Wintersemester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 19: Grundlagen Nanowissenschaften

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
1. Vorlesung Festkörper- und Oberflächenphysik I (4 SWS) mit Demonstrationsexperimenten
2. Vorlesung Nanostrukturphysik I (2 SWS) mit Praktikum/ Übung (1 SWS)

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Lehrenden, Professor(inn)en und Dozent(inn)en der Physik im Wechsel

4. Lehrinhalte:
Die Veranstaltungen führen die Studierenden in die Konzepte, Methoden und Ergebnisse der modernen Festkörper- und Oberflächenphysik ein und vertiefen die Kenntnisse speziell zur Herstellung von und zu physikalischen Phänomenen in Nanostrukturen.

Festkörper- und Oberflächenphysik I**:**
- Aufbau kondensierter Materie (Kristalle, amorphe Systeme)
- Konzepte zur Beschreibung periodischer Strukturen (Gitter, Basis, reziprokes Gitter)
- Strukturbestimmung (Röntgen-, Elektronen- und Neutronenbeugung, Rastermethoden)
- Bindungstypen und –energien
- Elastische Eigenschaften und Gitterschwingungen
- Thermische Eigenschaften (Wärmeleitung, -kapazität)
- Metallisches Verhalten: das Modell des Freien Elektronengases (elektrische Leitfähigkeit, Abschirmung, Hall-Effekt)
- Das fast freie Elektronengas: elektronische Bandstruktur (Bänder, Bandlücken)
- Metalle
- Isolatoren und Halbleiter
- Besonderheiten an Oberflächen
- magnetische Eigenschaften
- Phänomenologie der Supraleitung

Der Besuch der Übungen zur Vorlesung wird im Rahmen der „Individuellen Ergänzung“ empfohlen.

Nanostrukturphysik I:
Diese Vorlesung behandelt die physikalischen Grundlagen der modernen Nanowissenschaften und Nanotechnologien. Diese umfassen die Herstellung, Charakterisierung, Struktur und physikalischen Eigenschaften von dünnen Schichten und Nanostrukturen. Aufgrund veränderter mechanischer, elektrischer, optischer, magnetischer, etc. Eigenschaften in Nanometerdimensionen eröffnen sich neue Anwendungsgebiete in unterschiedlichsten Industriesparten. Ein Verständnis dafür soll erarbeitet werden.

5. Kompetenzen:
Die Studierenden lernen die wichtigsten strukturellen Eigenschaften von Festkörpern und die für periodische Gitter entwickelten grundlegenden Begriffe und theoretische Konzepte kennen. Sie erwerben grundlegende Kenntnisse zu den experimentellen Methoden, verste-

hen die wesentlichen Phänomene, die das Verhalten kondensierter Materie kennzeichnen und erwerben Einblick in deren technologische Anwendungen.
Aufbauend auf diesen Kenntnissen lernen die Studierenden die wichtigsten Konzepte zur Herstellung von Nanostrukturen (physikalisch, chemisch) kennen, die besonders in Nanostrukturen auftauchenden physikalischen Phänomene (Coulomblockade, Quantisierungseffekte, magnetische Kopplungseffekte) und die theoretischen Modellvorstellungen zu deren Beschreibung kennen.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine benotete modulbezogene Einzelleistung (Teil 1 und Teil 2)

7. Erbringungsformen:
Klausur oder mündliche Prüfung

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Bestehen der Klausur/mündlichen Prüfung (über beide Vorlesungen und die Übung/das Praktikum), regelmäßige aktive Teilnahme: begleitend zur Vorlesung muss eine Nacharbeitung anhand von Physik-Lehrbüchern erfolgen. Zu der Übung müssen Aufgaben bearbeitet und in den Übungen vorgerechnet werden, die Übungsaufgaben werden jeweils eine Woche vorher ausgegeben.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Festkörper- und Oberflächenphysik I (V)	4	60	60			4
Nanostrukturphysik I (V)	5	30	30			2
Übung/Praktikum zur Nanostrukturphysik I	5	15	15			1
Modulbezogene Einzelleistung	5			3		3
Gesamt						10

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Module 3 und 5

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul des vertiefenden Studiums im Bachelorstudiengang *Vertiefung Biophysik* (FsB 5.3.2)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Zweisemestrig, Teil 1 im Sommersemester, Teil 2 im Wintersemester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 20: Angewandte Naturwissenschaften

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
1. Praktikum Anorganische Chemie für Studierende der Physik (Blockpraktikum)
2. Computerpraktikum (Blockpraktikum)
3. Biophysikpraktikum

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Lehrenden, Professor(inn)en und Dozent(inn)en der Chemie (20.1) und der Physik (20.2 und 20.3) im Wechsel

4. Lehrinhalte:
1. Das Praktikum hat seinen Schwerpunkt in der quantitativen Elementaranalytik. Außerdem werden einige einfache Präparate hergestellt.
2. Auswahl von 5 Versuchen aus dem typischen Angebot:
   - Grundlage von Messgeräten: Digital-Analog-Wandler als wesentlicher Bestandteil von Messgeräten bei der Datenaufnahme
   - RS232-Kommunikation (serielle Schnittstelle) zum Datentransfer oder Steuerung von Geräten (z.B. Spektrometer oder Laser)
   - Programmierung von Steckkarten im PC (entweder als hardwarenahes Programmieren oder mit Hilfe von Bibliotheken des Herstellers
   - Verwendung von modernen Messprogrammen (LabView, DaVis) zur Experimentsteuerung und Datenanalyse
   - Konvertierung und Transfer von Daten zwischen verschiedenen Programmen
3. Die Veranstaltung behandelt die Struktur und Funktion von Biomolekülen
   Kernpunkte der Veranstaltung sind:
<u>Biophysikalische Grundkenntnisse:</u> Aufbau und Struktur von Biomolekülen (Proteine, DNA, Lipide,..), Bindungsgleichgewichte,
<u>Methoden und praktischen Fertigkeiten:</u> Präparation von Biomolekülen, Umgang mit einem Rasterkraftmikroskop, Umgang mit einem Langmuirtrog, Umgang mit einem Fluorimeter, Zelluläre Automaten & Populationsdynamik, Molekular-Dynamik-Simulation von Biomolekülen,
<u>Abfassung wissenschaftlicher Protokolle</u>

5. Kompetenzen:
1. Ziel des Praktikums ist es, die Planung und Vorbereitung, die Durchführung und quantitative Auswertung von Experimenten zu üben, sowie Entscheidungsgrundlagen für die Wahl geeigneter Methoden zu erhalten. Die Studierenden erstellen ein Protokoll über die Durchführung und die Ergebnisse der Untersuchungen.
2. und 3. Die Studierenden lernen grundlegende Versuche und entsprechende unterschiedliche Techniken aus der angewandten Physik und der Biophysik kennen. Die Versuche müssen ausgewertet und mit theoretischen Konzepten interpretiert werden. Es wird eine abgesteckte Aufgabe in einer Praktikumsgruppe (im Allgemeinen in einer Zweiergruppe) bearbeitet.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Drei unbenotete Einzelleistungen

7. Erbringungsformen:

20.1: Portfolio aus Versuchen. Ein Versuch besteht aus

- Überprüfung der Vorkenntnisse (Antestat)
- Versuchsdurchführung und Protokollierung von Beobachtungen und Ergebnissen
- Anfertigen eines schriftlichen Versuchsprotokolls
- Gespräch über das Versuchsprotokoll (Abtestat)

Das Praktikum wird als 2,5 wöchige Blockveranstaltung angeboten. Die Anzahl der Versuche ist so bemessen, dass eine Wiederholung von Versuchen im angegebenen Zeitumfang möglich ist.
20.2: Portfolio* bestehend aus 5 Versuchen und 5 testierten Versuchsprotokollen
20.3: Portfolio* bestehend aus 3 Versuchen und 3 testierten Versuchsprotokollen
*: siehe Modul 16

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Regelmäßige aktive Teilnahme, Bestehen der Einzelleistungen

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Praktikum Anorganische Chemie für Studierende der Physik (20.1)	2	60	30		1	4
Computerpraktikum (20.2)	2	60	60		1	5
Biophysikpraktikum (20.3)	3	30	30		1	3
Gesamt						12

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Modul 34

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul des vertiefenden Studiums im Bachelorstudiengang *Vertiefung Nanowissenschaften* (FsB 5.3.3)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
20.1: Blockveranstaltung (September/Oktober)
20.2: Blockveranstaltung (Februar/März und September/Oktober)
20.3: halbjährlich im Semester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 21: Grundlagen Biophysik

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
1. Vorlesung (4 SWS) (Biophysik I) mit Übungen (2SWS)
2. Praktikum (2 SWS) (Biophysik Praktikum)

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Lehrenden, Professor(inn)en und Dozent(inn)en der Physik im Wechsel

4. Lehrinhalte:.
Kernpunkte der Veranstaltungen sind:
- Struktur übergeordneter Systeme (Zellen, Bakterien, Viren)
- Chem. und physikal. Grundlagen des Lebens
- Wasser und Hydrophobizität
- Intra- und intermolekulare Wechselwirkungen (Bindungen: kovalent, van-der-Waals, H-Brücken,...)
- Molekulare Biophysik (Aminosäuren, Proteine, Lipide, Zucker, Nukleinsäuren,...)
- Proteinfaltung
- Biologische Funktion von Nukleinsäuren
- Biologische Membranen (Lipiddoppelschichten, BLM,...)
- Mikroskopie: Lichtmikroskopie; Elektronenmikroskopie; Rastersondenmikroskopie, Rasterkraftmikroskopie;
- Optische Spektroskopie (Absorption, Fluoreszenz...), CD
- Spektroskopische Methoden (FCS, CD, FRET, FRAP,...); NMR.
- Molekulare Erkennung
- Streumethoden

2. Die Veranstaltung behandelt die Struktur und Funktion von Biomolekülen
Kernpunkte der Veranstaltung sind:
<u>Biophysikalische Grundkenntnisse:</u> Aufbau und Struktur von Biomolekülen (Proteine, DNA, Lipide,..), Bindungsgleichgewichte,
<u>Methoden und praktischen Fertigkeiten:</u> Präparation von Biomolekülen, Umgang mit einem Rasterkraftmikroskop, Umgang mit einem Langmuirtrog, Umgang mit einem Fluorimeter, Zelluläre Automaten & Populationsdynamik, Molekular-Dynamik-Simulation von Biomolekülen,
<u>Abfassung wissenschaftlicher Protokolle</u>

5. Kompetenzen:
1. Die Veranstaltung gibt einen Überblick über die Struktur, die Funktion sowie die Organisation von biologischen Makromolekülen (Proteine, DNA,...) und führt in die Grundlagen moderner biophysikalischer Methoden ein. Die Studierenden lernen die grundlegenden Begriffe der experimentellen Methoden zur Beschreibung und Charakterisierung von Biomolekülen kennen und verstehen die wesentlichen Phänomene, die das Verhalten von biologischen Makromolekülen kennzeichnen. Sie erwerben Einblick in technologische Anwendungen.
2. Die Studierenden lernen den Aufbau ausgewählter grundlegender Versuche aus der modernen Physik und unterschiedliche Experimentiertechniken aus dem wissenschaftlichen Umfeld der Fachrichtung Biophysik kennen und erfahren, wie Experimente ausgewertet

werden und welche theoretischen Konzepte zu ihrer Interpretation benötigt werden. Sie erwerben die Fähigkeit, eine eng abgesteckte Aufgabe selbstständig zu bearbeiten.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine benotete und eine unbenotete Einzelleistung

7. Erbringungsformen:
Klausur oder mündliche Prüfung (21.1), Portfolio* bestehend aus zwei Versuchen und zugehörigen testierten Versuchsprotokollen (21.2)
*: siehe Modul 16

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Bestehen der Einzelleistungen, regelmäßige ative Teilnahme

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Vorlesung Biophysik I (21.1)	4	60	60	2		6
Übung zur Biophysik I (21.1)	4	30	60			3
Biophysikpraktikum (21.2)	5	30	30		1	3
Gesamt						12

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Modul 3

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul des vertiefenden Studiums im Bachelorstudiengang *Vertiefung Nanowissenschaften* (FsB 5.3.3)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
21.1: Jährlich, im Sommersemester
21.2: Jährlich, im Wintersemester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 22: Nanostrukturphysik

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:

1. Seminar (2 SWS) Nanowissenschaften
2. Vorlesung (2 SWS), Übung/Praktikum (1 SWS) Nanostrukturphysik I
3. Vorlesung (2 SWS), Übung/Praktikum (1 SWS) Vertiefung Nanostrukturphysik
4. Blockpraktikum (1SWS)

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Lehrenden, Professor(inn)en und Dozent(inn)en der Physik im Wechsel

4. Lehrinhalte:
Zu 1. Seminar Nanowissenschaften:
Die Studierenden sollen in diesem Seminar begleitend zur Festkörper- und Oberflächenphysik I unter Anleitung eine Thematik in Vorbereitung auf die Nanostrukturphysik erarbeiten und in Form eines Vortrages vorstellen. Die dafür in Frage kommenden Themen werden jeweils von dem/den Dozent/Dozenten ausgewählt.
Zu 2. Vorlesung Nanostrukturphysik I:
Diese Vorlesung behandelt die physikalischen Grundlagen der modernen Nanowissenschaften und Nanotechnologien. Diese umfassen die Herstellung, Charakterisierung, Struktur und physikalischen Eigenschaften von dünnen Schichten und Nanostrukturen. Aufgrund veränderter mechanischer, elektrischer, optischer, magnetischer, etc. Eigenschaften in Nanometerdimensionen eröffnen sich neue Anwendungsgebiete in unterschiedlichsten Industriesparten. Ein Verständnis dafür soll erarbeitet werden. Übungen werden zur Vorlesungsthematik angeboten.
Zu 3. Vorlesung Vertiefung Nanostrukturphysik
Methoden zur strukturellen Charakterisierung von Nanostrukturen:
Die physikalischen Eigenschaften der Nanostrukturen werden maßgeblich durch Ihre Mikrostruktur bestimmt. Daher ist es unumgänglich Informationen über diese Mikrostruktur, wie z.B. die atomare Ordnung, Korngrößenverteilung, Schichtdickenfluktuationen, Grenzflächenrauhigkeiten, etc., zu erhalten. Die Vorlesung behandelt daher die zur Strukturanalyse einzusetzenden Methoden wie: Groß- und Kleinwinkelröntgenbeugung, die Raster-, die konventionelle, analytische und hochauflösende Transmissionselektronenmikroskopie und den Zoo der spektroskopischen Verfahren wie AES, EDX, SAM RBS, SIMS,XPS, UPS, IPE,XAS, XMCD, PEEM. Übungen werden zur Vorlesungsthematik angeboten.
Zu 4. Blockpraktikum
In dem einwöchigen Praktikum werden in einer Arbeitsgruppe der Experimentalphysik erste praktische Erfahrungen mit forschungsrelevanten Apparaturen durchgeführt.

5. Kompetenzen:
Ziel ist die Vermittlung eines breiten Überblicks über die moderne Nanowissenschaft und Nanotechnologie, in dem die physikalischen Aspekte im Vordergrund stehen. In Veranstaltung 3 werden methodische Teilaspekte der Nanowissenschaften vertieft dargestellt und vermittelt.

6. Anzahl Einzelleistungen:

Eine benotete modulbezogene (22.2 und 22.3) und eine unbenotete Einzelleistung (22.1).

7. Erbringungsformen:
Seminarvortrag(22.1), Klausur oder mündliche Prüfung (22.2 und 22.3)

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Bestehen der Einzelleistungen, regelmäßige aktive Teilnahme: begleitend zur Vorlesung muss eine Nacharbeitung anhand von Physik-Lehrbüchern erfolgen. Zu der Übung müssen Aufgaben bearbeitet und in den Übungen vorgerechnet werden, die Übungsaufgaben werden jeweils eine Woche vorher ausgegeben. Die Klausur / mündliche Prüfung bezieht sich auf die beiden Vorlesungen und die Übungs/Praktikaaufgaben.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Seminar Nanowissenschaften (22.1)	4	30	30		1	3
Vorlesung Nanostrukturphysik I (22.2)	5	30	30			2
Übung/Praktikum zur Vorlesung Nanostrukturphysik I (22.2)	5	15	15			1
Vorlesung Vertiefung Nanostrukturphysik (22.3)	5	30	30			2
Übung/Praktikum zur Vorlesung Vertiefung Nanostrukturphysik (22.3)	5	15	15			1
Blockpraktikum (22.4)	5	15	15			1
Modulbezogene Einzelleistung	5			4		4
Gesamt						14

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
22.1: Module 3 und 5
22.2, 22.3, 22.4: Modul: 15

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul des vertiefenden Studiums im Bachelorstudiengang *Vertiefung Nanowissenschaften* (FsB 5.3.3)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Jährlich, Seminar im Sommersemester, Vorlesungen/Übungen im Wintersemester; Blockpraktikum nach Absprache mit den Dozenten in jedem Semester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 23: Oberflächenphysik

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Vorlesung: Festkörper- und Oberflächenphysik II (4 SWS), Seminar(2 SWS)

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Lehrenden, Professor(inn)en und Dozent(inn)en der Physik im Wechsel.

4. Lehrinhalte:
Kernpunkte der Vorlesung sind:
- Optische/dielektrische Eigenschaften von Materie
- Röntgenoptische Eigenschaften von Materialien
- Physikalische Eigenschaften von Oberflächen und Grenzflächen
- Physik dünner Schichten (Herstellung, elektrische Eigenschaften, Charakterisierung mittels spektroskopischer Messverfahren und hochauflösender Mikroskopie, z.B. UPS, XPS, AES, STM und TEM)
- Multilagensysteme und Magnetowiderstand
- Ausgewählte Themen des Magnetismus (Grundlagen, Oberflächenanisotropie, Ummagnetisierungsdynamik, Spintorque)
- Ausgewählte Themen der Halbleiterphysik (Grundlagen, Bauelemente, Quanteneffekte, moderne Mikroelektronik)

5. Kompetenzen:
Die Studierenden lernen die wichtigsten strukturellen Eigenschaften von Festkörpern und die für periodische Gitter entwickelten grundlegenden Begriffe und theoretischen Konzepte kennen. Sie erwerben grundlegende Kenntnisse zu den experimentellen Methoden, verstehen die wesentlichen Phänomene, die das Verhalten kondensierter Materie kennzeichnen und gewinnen Einblick in deren technologische Anwendungen. Es soll hierbei neben der Vermittlung der Grundlagen besonderes Augenmerk auf die Vermittlung moderner physikalischer Präparations- und Messverfahren der Festkörper- und Oberflächenphysik gelegt werden.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine benotete Einzelleistung , eine unbenotete Einzelleistung

7. Erbringungsformen:
Klausur oder mündliche Prüfung, Seminarvortrag

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Bestehen der Klausur oder mündlichen Prüfung (über die Vorlesung), regelmäßige aktive Teilnahme: begleitend zur Vorlesung muss eine Nacharbeitung anhand von Physik-Lehrbüchern erfolgen. Im Seminar ist ein Vortrag zu halten.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontakt-stunden	Selbst-studium	beno-tet	unbenotet	
Festkörper- und Oberflächenphysik II (V)	5	60	60	2		6
Seminar zur Vorlesung	5	30	30		1	3
Gesamt						9

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Modul 15

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul des vertiefenden Studiums im Bachelorstudiengang *Vertiefung Nanowissenschaften* (FsB 5.3.3)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Jährlich, jeweils im Wintersemester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 24: Einführung in die Physik – Nebenfach I

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
1. Vorlesung (3 SWS) mit Demonstrationsexperimenten und Übung (1 SWS) betreut in Kleingruppen)
2. Praktikum (4 SWS), betreut in Kleingruppen (Grundpraktikum Nebenfach I)

3. Modulverantwortliche(r):
1. Verantwortlich sind die Lehrenden, Professor(inn)en und Dozent(inn)en der Physik im Wechsel.
2. Verantwortlich ist Dr. Udo Werner

4. Lehrinhalte:
1. Die Veranstaltung führt an Hand von Demonstrationsexperimenten in die Physik unter experimentell-phänomenologischen Gesichtspunkten ein. Kernpunkte der Veranstaltung sind:
Mechanik: Messen und Maße, lineare Bewegungen, Drehbewegungen, Energie, Planetenbewegung, Bezugssysteme, Mechanik von Flüssigkeiten
Schwingungen und Wellen: Harmonischer Oszillator: freie, gedämpfte und getriebene Schwingung; gekoppelte Schwingungen; Wellenfortpflanzung, Schwebungen, Doppler- Effekt, Energie- und Energiedichte einer Welle
Wärmelehre: Temperatur, Wärmeenergie, Zustandsgleichung von Gasen, Hauptsätze der Wärmelehre, Brownsche Molekularbewegung, Boltzmann-Verteilung, Wärmeleitung und Diffusion
Elektrizität und Magnetismus: Stromstärke und elektrische Ladung, Elektrisches Feld und Coulombsches Gesetz, Arbeit im elektrischen Feld und elektrisches Potential, Materie im elektrischen Feld, Elektrischer Strom und Widerstand, Faradaysches Induktionsgesetz, Wechselstrom, Magnetfeld, Materie im elektrischen Feld
Optik: geometrische Optik, Abbildungen, Wellenoptik, Brechung und Polarisation von Licht, Optische Instrumente

2. Inhaltlich orientiert sich das Praktikum an der Vorlesung d.h. es werden schwerpunktmäßig die Experimente aus den Bereichen Mechanik, Wärmelehre, Elektrizitätslehre, Optik, Kreisprozesse, Schwingkreise und elektronische Grundschaltungen behandelt. Ergänzt werden diese Experimente durch einige grundlegende Versuche zur modernen Physik, (z.B. zur Spektroskopie und Radioaktivität), die für die Anwendung in den Nachbardisziplinen wesentliche experimentelle Methoden vorstellen.

5. Kompetenzen:
Die Studierenden informieren sich über den Studienaufbau der Physik-Veranstaltungen und lernen grundlegende Begriffe, Phänomene und Konzepte der klassischen Physik kennen. Sie sind in der Lage, Aufgaben aus diesem Bereich selbständig zu lösen.
Es werden die notwendigen praktischen Kenntnisse und Erfahrungen zum experimentellen Arbeiten, zur Messtechnik, aber auch zur Datenanalyse und zum Umgang mit Messunsicherheiten erarbeitet.

Die Studierenden

- besitzen nach Durchlaufen des Moduls ein Verständnis physikalischer Zusammenhänge sind in der Lage, theoretische Konzepte im Experiment zu verifizieren
- kennen grundlegende experimentelle Techniken und Messverfahren sowie einfache Methoden der Datenanalyse
- sind in der Lage, einen wissenschaftlichen Arbeitsprozess sprachlich zu formulieren, zu dokumentieren und seine Ergebnisse kritisch zu diskutieren
- haben gelernt, im Team zu arbeiten und miteinander wissenschaftlich zu kommunizieren

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine benotete und eine unbenotete Einzelleistung

7. Erbringungsformen:
Klausur (24.1) und Portfolio* bestehend aus 10 Versuchen und 5 testierten Versuchsprotokollen (24.2)
*: zur Definition der Inhalte des Portfolio siehe Modul 5. Das im Modul 5 vorgesehene Abschlusskolloquium entfällt hier.

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Bestehen der Einzelleistungen, regelmäßige aktive Teilnahme: begleitend zur Vorlesung muss eine Nacharbeitung anhand von Physik- (Standard) Lehrbüchern erfolgen. Für die Übungen (Modul 24a) müssen Aufgaben bearbeitet und in den Übungsstunden vorgerechnet werden. Die zu bearbeitenden Übungsaufgaben werden jeweils eine Woche vorher ausgegeben.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Modul 24:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Einführung in die Physik – Nebenfach I (V+Ü)	1	60	30	2		5
Grundpraktikum Nebenfach I	1	60	30		2	5
Gesamt						10

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Keine

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul für Bachelorstudiengang Physik als Nebenfach, Profile „Vermittlung der Naturwissenschaften“ (FsB 6.2) und Profil „Physikalische Kompetenzen für Nichtphysiker“ (FsB 6.3) sowie den Master of Education (FsB 4.3.2 bzw. 4.3.3).

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:

1. Jährlich, im Wintersemester
2. in jedem Semester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 25: Einführung in die Physik – Nebenfach II

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
1. Vorlesung (3 SWS) mit Demonstrationsexperimenten und Übung (1 SWS) betreut in Kleingruppen)
2. Praktikum (4 SWS), betreut in Kleingruppen (Grundpraktikum Nebenfach II)

3. Modulverantwortliche(r):
1. Verantwortlich sind die Lehrenden, Professor(inn)en und Dozent(inn)en der Physik im Wechsel.
2. Verantwortlich ist Dr. Udo Werner

4. Lehrinhalte:
1. Die Vorlesung ist mit der Einführung Nebenfach I und den Praktika abgestimmt.
Kernpunkte der Veranstaltung sind:
<u>Vertiefung und Anwendung der klassischen Physik:</u>
Wärme: kinetische Wärmetheorie, spezifische Wärme, Kreisprozesse, Wirkungsgrade
Schwingungen: Resonanz und Dämpfung im elektrischen Schwingkreis
Wellen: Wellenphänomene in Optik und Akustik
Elektrizität: Grundschaltungen der Elektronik
<u>Moderne Physik:</u>
Quantenphysik: Strahlungsgesetz, Unbestimmtheitsprinzip, Welle-Teilchen Dualismus, Photoeffekt,
Kernphysik: Atomaufbau, Radioaktivität, Kernspaltung/-Fusion
Spezielle Relativitätstheorie
Atomphysik: Orbitalmodell, Rydberg-Formel
Molekülphysik: Vibration, Rotation, Übergänge
<u>Angewandte Physik:</u>
Spektroskopie, Energie- und Energieumwandlung(erneuerbare Energien, Wirkungsgrade), Wärmehaushalt der Erde, globale Erwärmung

2. Das Grundpraktikum für das Nebenfach II baut auf dem „Grundpraktikum Nebenfach I“ auf und vertieft und ergänzt die dort erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten. Inhaltlich orientiert sich das Praktikum an der Veranstaltung 25.1., d.h. es neben Experimenten zur Vertiefung und Anwendung der klassischen Physik (z.B. Kreisprozesse, Schwingkreise, elektronische Grundschaltungen) werden hauptsächlich Experimente und Verfahren der modernen Physik behandelt.

5. Kompetenzen:
1. Die Studierenden lernen grundlegende Begriffe, Phänomene und Konzepte der modernen und angewandten Physik kennen. Sie sind in der Lage, Aufgaben aus diesem Bereich selbständig zu lösen.
2. Es werden die notwendigen praktischen Kenntnisse und Erfahrungen zum experimentellen Arbeiten, zur Messtechnik, aber auch zur Datenanalyse und zum Umgang mit Messunsicherheiten erarbeitet. Die Studierenden
- besitzen nach Durchlaufen des Moduls ein Verständnis physikalischer Zusammenhänge
- sind in der Lage, theoretische Konzepte im Experiment zu verifizieren

- kennen grundlegende experimentelle Techniken und Messverfahren sowie einfache Methoden der Datenanalyse
- sind in der Lage, einen wissenschaftlichen Arbeitsprozess sprachlich zu formulieren, zu dokumentieren und seine Ergebnisse kritisch zu diskutieren
- haben gelernt, im Team zu arbeiten und miteinander wissenschaftlich zu kommunizieren

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine benotete und eine unbenotete Einzelleistung

7. Erbringungsformen:
Klausur (25.1) und Portfolio* bestehend aus 10 Versuchen und 5 testierten Versuchsprotokollen (25.2)
*: zur Definition der Inhalte des Portfolio siehe Modul 5. Das im Modul 5 vorgesehene Abschlusskolloquium entfällt hier.

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Bestehen der Einzelleistungen, regelmäßige aktive Teilnahme: begleitend zur Vorlesung muss eine Nacharbeitung anhand von Physik- (Standard) Lehrbüchern erfolgen. Für die Übungen (nur Modul 25a) müssen Aufgaben bearbeitet und in den Übungsstunden vorgerechnet werden. Die zu bearbeitenden Übungsaufgaben werden jeweils eine Woche vorher ausgegeben.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Modul 25:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Einführung in die Physik – Nebenfach II (V+Ü)	2	60	30	2		5
Grundpraktikum Nebenfach II	2	60	30		2	5
Gesamt						10

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Modul 24
11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul für Bachelorstudiengang Physik als Nebenfach, Profile „Vermittlung der Naturwissenschaften“ (FsB 6.2) und „Physikalische Kompetenzen für Nichtphysiker“ (FsB 6.3) sowie den Master of Education (FsB 4.3.2 bzw. 4.3.3)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
1. Jährlich, im Sommersemester
2. in jedem Semester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 26 und 26 b*: Physikbezogene Vermittlungskompetenz - Vermittlung I

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Vorlesungen mit Experimenten:
1. Grundbegriffe der Physik und ihre Vermittlung A (2 SWS)
2. Grundbegriffe der Physik und ihre Vermittlung B (2 SWS)
3. Vermittlungsbezogene Praxisstudien, bestehend aus:
  Unterrichtspraktikum (2 SWS)
  Seminar zur Vorbereitung (2 SWS)
  Seminar zur Nachbereitung (1 SWS)
* **Modul 26b**: ergänzt um ein Experimentierseminar aus Modul 27 mit 3 SWS = 3 LP

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Lehrenden des Lehrbereichs Physik und ihre Didaktik

4. Lehrinhalte:
1. Vorlesung A: Vermittlung grundlegender physikalischer und fachdidaktischer Methoden und Kenntnisse. Themen sind beispielsweise:

- Physikalische Methoden und Darstellungsverfahren (induktiv, hypothetisch-deduktiv, analogisierend, historisierend,…)
- Funktion und Typen von Experimenten im Physikunterricht (Verifikationsexperimente, Herleitungsexperimente, Effekt-Experimente, Analogie-Experimente, Computer-Experimente,…)
- Aktuelle Unterrichtsmethoden (Projektarbeit, Stationenarbeit,….)
- Elementarisierung
- Medien im Physikunterricht

Die behandelten Themen werden durch schulrelevante Beispiele und Experimente aus dem Bereich der klassischen Physik illustriert und transparent gemacht.

2. Vorlesung B: Grundlagen der modernen Atom-, Kern- und Quantenphysik und ihre Vermittlung im Physikunterricht. Hier werden die Grundbetrachtungen zur Arbeits- und Denkweise von Physik und Physikdidaktik aus Teil A auf die moderne Physik erweitert. Themen sind beispielsweise:

- Photoeffekt und Lichtquanten
- Welle-Teilchen-Dualismus
- Plancksches Strahlungsgesetz
- Aufbau von Atomen; Atommodelle
- Linienspektren; Lumineszenz
- Laser
- Raster-Tunnel-Mikroskop
- Rutherfordscher Streuversuch
- Radioaktivität

3. Praxisstudien: Im Vorbereitungsseminar wird die Behandlung ausgewählter Themen des Physikunterrichts erarbeitet. Dabei werden Planung, Aufbau und Durchführung themenbezogener Experimente geübt und Unterrichtsentwürfe erstellt. Im Unterrichtspraktikum werden die im Vorbereitungsseminar erarbeiteten Kenntnisse und Entwürfe angewendet bzw.

erprobt, indem jede Praktikantin/jede Praktikant eine Unterrichtsstunde mit Schülerinnen und Schülern durchführt. Das geschieht selbständig, jedoch mit intensiver Betreuung und Anleitung durch einen erfahrenen abgeordneten Lehrer. Im Nachbereitungsseminar werden Verlauf und Ergebnis der einzelnen Unterrichtsproben analysiert und Verbesserungsmöglichkeiten diskutiert.

5. Kompetenzen:
Die Studierenden haben grundlegende physikalische und fachdidaktische Methoden und ihre Behandlung bzw. Anwendung im Physikunterricht erlernt. Sie können die erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten auf Unterrichtsplanung und konkrete Unterrichtssituationen anwenden. Das Unterrichtspraktikum, das die Verzahnung mit der „schulpraktischen Realität“ sicherstellt, gibt den Studierenden die Möglichkeit, ihre persönliche Eignung und Befähigung für das Berufsfeld zu überprüfen.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine benotete Einzelleistung (zu 3.), zwei unbenotete Einzelleistungen (zu 1. und 2.)

7. Erbringungsformen:
Schriftliche Ausarbeitungen, erfolgreich gehaltene Unterrichtsprobestunde

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Regelmäßige aktive Teilnahme an allen Lehrveranstaltungen des Moduls
Schriftliche Ausarbeitung eines Themas zu Vorlesung A
Schriftliche Ausarbeitung eines Themas zu Vorlesung B
Erfolgreicher Abschluss der Praxisstudien, bestehend aus der Bearbeitung eines Themas im Vorbereitungsseminar mit schriftlicher Ausarbeitung und einer erfolgreich gehaltenen Unterrichtprobestunde

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:
Modul 26:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Vorlesung A	4/5*	30	15		0.5	2
Vorlesung B	4/5*	30	15		0.5	2
Vermittlungsbezogene Praxisstudien	4/5*	75	45	2		6
Gesamt						10

*: wird das Modul im Master fo Education (FsB 4.2.2) studiert, so ist es für das1.-3. Fachsemester empfohlen.

Modul 26 b:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Vorlesung A	3/4	30	15		0.5	2
Vorlesung B	3/4	30	15		0.5	2
Vermittlungsbezogene Praxisstudien	3/4	75	45	2		6
Experimentierseminar aus Modul 27	3/4	45	15		1	3
Gesamt						13

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse
Module 3 und 6

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Modul 26: Pflichtmodul für Bachelorstudiengang Physik als Kernfach *Profil Lehramt Gymnasium /Gesamtschule* (FsB 5.2.1) und Master of Education (FsB 4.2.2)
Modul 26b:
Master of Education (FsB 4.1.2)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Zweisemestrig/Vorlesung A im Sommersemester, Vorlesung B im Wintersemester, Vermittlungsbezogene Praxisstudien in jedem Semester, Experimentierseminar in jedem Semester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 27: Physik im Berufsfeld Unterricht (Gym/Ge) - Vermittlung II

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Experimentierseminar I (3 SWS)
Experimentierseminar II (3 SWS)

3. Modulverantwortliche(r):
Lehrende des Bereichs Physik und ihre Didaktik

4. Lehrinhalte:
Zu schulrelevanten Themen oder solchen, die besonders geeignet sind Interesse an der Physik zu wecken, werden geeignete Demonstrations- oder Schülerexperimente von den Studierenden ausgewählt oder neu konzipiert. Dieses soll möglichst selbständig, jedoch mit Anleitung durch die Betreuerin/den Betreuer geschehen. Anschließend werden die Experimente aufgebaut, durchgeführt und im Rahmen eines Seminarvortrags, der Teil einer Unterrichtseinheit zum gewählten Thema sein soll, den anderen Seminarteilnehmern vorgestellt. Dabei wird Präsentationstechnik und Medieneinsatz erlernt und geübt. Die Präsentation wird mit den Seminarteilnehmern diskutiert. Neben dem Umgang mit „klassischen Schulexperimenten“ und dem Einsatz von Freihandexperimenten sollen moderne Experimentiertechniken, wie zum Beispiel die computergestützte Messwerterfassung, Umgang mit Computeralgebrasystemen oder die Videoanalyse von Bewegungsvorgängen erlernt werden.

5. Kompetenzen:
Die Studierenden kennen grundlegende Experimente und verschiedene Experimentierformen und -techniken für den Unterricht. Sie haben die Bedeutung des Experiments im Unterricht erkannt und sind in der Lage, Experimente sinnvoll im Rahmen einer Unterrichtseinheit oder eines Vortrags einzusetzen. Dazu gehört neben richtiger Auswahl, Aufbau, Durchführung und Auswertung der Versuche insbesondere auch die Präsentation.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Zwei unbenotete Einzelleistungen

7. Erbringungsformen:
Seminarvortrag mit Demonstrationsexperimenten

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Regelmäßige aktive Teilnahme an den Veranstaltungen der Experimentierseminare I und II;
In Teil I und II jeweils Halten eines Seminarvortrags mit Experimenten zu schulrelevanten Themen.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Experimentierseminar I	1-4	45	15		1	3
Experimentierseminar II	1-4	45	15		1	3
Gesamt						6

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Keine

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul Master of Education (FsB 4.2.2)

Dieses Modul wird innerhalb des „Individuellen Ergänzungsbereichs“ dringend empfohlen für Studierende des Bachelorstudienganges Physik als Kernfach *Profil Lehramt Gymnasium /Gesamtschule* (Fußnote 2 der FsB 5.2.1)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Zwei Semester/Teil I im Wintersemester, Teil 2 im Sommersemester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 32.1: Analysis I

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS)

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Lehrenden der Mathematik im Wechsel

4. Lehrinhalte:
Kernpunkte der Veranstaltungen sind:
Vollständige Induktion, Körper- und Anordnungsaxiome, Reelle und Komplexe Zahlen, Folgen und Reihen, Grenzwerte, Konvergenzkriterien, Exponentialfunktion, Trigonometrische Funktionen, Stetigkeit, Zwischenwertsatz, stetige Funktionen auf kompakten Intervallen, Differentiation, Mittelwertsatz, Lokale Extrema, Riemannsche Integration, Uneigentliche Integrale, Funktionenfolgen und –reihen, Potenzreihen, Taylorreihen

5. Kompetenzen:
Dieses Modul legt die Grundlagen der Differential- und Integralrechnung für Funktionen einer Veränderlichen. Die Studierenden sollen dabei das Verständnis für die grundlegenden Prinzipien der Analysis entwickeln und die Grundbegriffe und -techniken sicher beherrschen können. Darüber hinaus soll die mathematische Arbeitsweise an konkreten Fragestellungen erlernt, mathematische Intuition entwickelt und die Entwicklung der Analysis exemplarisch an zentralen Begriffen nachvollzogen werden.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine unbenotete Einzelleistung

7. Erbringungsformen:
Klausur oder mündliche Prüfung

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Regelmäßige aktive Teilnahme, Bestehen der Klausur oder der mündlichen Prüfung.
Zu den Übungen müssen Aufgaben bearbeitet und in den Übungen vorgerechnet werden, die Übungsaufgaben werden jeweils eine Woche vorher ausgegeben.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontakt-stunden	Selbst-studium	beno-tet	unbenotet	
Analysis I (V)	1	60	60		2	6
Übung zur Vorlesung	1	30	60			3
Gesamt						9

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
keine

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Wahlpflichtmodul des vertiefenden Studiums im Bachelorstudiengang *Vertiefung Physik* (FsB 5.3.1)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Einsemestrig, Angebot in jedem Semester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 32.2: Lineare Algebra I

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS)

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Lehrenden der Mathematik im Wechsel

4. Lehrinhalte:
Kernpunkte der Veranstaltung sind:
Elementare Analytischen Geometrie, Gruppen, Ringe, Körper, Lösungen linearer Gleichungssysteme, Matrizenrechnung, Determinanten, Vektorräume, Lineare Abbildungen, euklidische Vektorräume, Eigenwerte

5. Kompetenzen:
Erwerb grundlegender Techniken der Theorie der Vektorräume, Umgang mit Axiomen sowie Entwicklung einfacher Beweisstrategien

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine unbenotete Einzelleistung

7. Erbringungsformen:
Klausur oder mündliche Prüfung

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Regelmäßige aktive Teilnahme, Bestehen der Klausur oder der mündlichen Prüfung.
Zu den Übungen müssen Aufgaben bearbeitet und in den Übungen vorgerechnet werden, die Übungsaufgaben werden jeweils eine Woche vorher ausgegeben.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Lineare Algebra I (V)	1	60	60		2	6
Übung zur Vorlesung	1	30	60			3
Gesamt						9

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
keine

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Wahlpflichtmodul des vertiefenden Studiums im Bachelorstudiengang *Vertiefung Physik* (FsB 5.3.1)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Einsemestrig, Angebot in jedem Semester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 33.1: Analysis II

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS)

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Lehrenden der Mathematik im Wechsel

4. Lehrinhalte:
Kernpunkte der Veranstaltung sind:
Punktmengen in metrischen Räumen, Konvergenz, Stetigkeit, Vollständigkeit, Kompaktheit, Kurven im R^n, Partielle und Totale Differenzierbarkeit, Taylorformel, Sätze über Umkehrfunktionen und implizite Funktionen, lokale Extrema ohne und mit Nebenbedingungen, Gewöhnliche Differentialgleichungen, Existenz- und Eindeutigkeit von Lösungen, Systeme linearer Differentialgleichungen

5. Kompetenzen:
Das Modul legt die Grundlagen der Differentialrechnung für Funktionen in mehreren Veränderlichen und für die Theorie der gewöhnlichen Differentialgleichungen. Die Studierenden sollen die Grundbegriffe und -techniken einüben und sicher beherrschen können, mathematische Intuition entwickeln und das Verständnis für die analytische Behandlung geometrisch motivierter Problemstellungen erwerben.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Benoteter Einzelleistung

7. Erbringungsformen:
Klausur oder mündliche Prüfung

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Regelmäßige aktive Teilnahme, Bestehen der Klausur oder mündliche Prüfung.
Zu den Übungen müssen Aufgaben bearbeitet und in den Übungen vorgerechnet werden, die Übungsaufgaben werden jeweils eine Woche vorher ausgegeben.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Analysis II (V)	2	60	60	2		6
Übung zur Vorlesung	2	30	60			3
Gesamt						9

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Modul 32.1

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Wahlpflichtmodul des vertiefenden Studiums im Bachelorstudiengang *Vertiefung Physik* (FsB 5.3.1)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Einsemestrig, Angebot in jedem Semester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 33.2: Lineare Algebra II

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS),

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Lehrenden, Professor(inn)en und Dozent(inn)en der Mathematik im Wechsel

4. Lehrinhalte:
Kernpunkte der Veranstaltung sind:
Eigenräume, nilpotente Endomorphismen, Jordansche Normalform, unitäre Vektorräume, orthogonale, unitäre, selbstadjungierte und normale Endomorphismen
Programmierpraktikum: Ziel des Praktikums ist sie Einführung in die Grundprinzipien der Programmierung sowie die Strukturierung und Implementierung von Computerprogrammen mittels einer Praxisrelevanten Programmiersprache wie etwa C++ oder Perl.

5. Kompetenzen:
Vertiefung der in der „Linearen Algebra I“ erworbenen Kenntnisse, Argumentation in komplexen mathematischen Themen
Programmierpraktikum: Grundfertigkeiten in der Computerprogrammierung

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine benotete Einzelleistung

7. Erbringungsformen:
Klausur oder mündliche Prüfung

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Regelmäßige aktive Teilnahme, Bestehen der Klausur oder der mündlichen Prüfung.
Zu den Übungen müssen Aufgaben bearbeitet und in den Übungen vorgerechnet werden, die Übungsaufgaben werden jeweils eine Woche vorher ausgegeben.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontakt-stunden	Selbst-studium	beno-tet	unbenotet	
Lineare Algebra II (V)	1	60	60	2		6
Übung zur Vorlesung	1	30	60			3
Gesamt						9

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Modul 32.2

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Wahlpflichtmodul des vertiefenden Studiums im Bachelorstudiengang *Vertiefung Physik* (FsB 5.3.1)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Einsemestrig, Angebot in jedem Semester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 34: Grundlagen Chemie

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Vorlesung (6 SWS), bestehend aus den Teilen „Allgemeine Chemie“ , „Grundlagen der anorganischen Chemie I“, „Grundlagen der organischen Chemie I“ und „Grundlagen der physikalischen Chemie I“ mit Übungen (4 SWS)

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Lehrenden der Chemie im Wechsel

4. Lehrinhalte:
Einführung in die Allgemeine, Anorganische, Organische und Physikalische Chemie
Kernpunkte der Veranstaltung sind:

- **Anorganische Chemie:** Aufbau der Materie (Atome, Periodensystem, Moleküle, Arten der chemischen Bindung, Bindungskonzepte: VSEPR-Modell, MO-Theorie); Chemie in wässriger Lösung, Säure-Base-Theorien, Solvatation, Hydrolyse, Stöchiometrie, Löslichkeitsprodukt, pH- und pK-Wert-Berechnungen, Titrationen, Puffersysteme, Komplexe; Redox-Reaktionen; Strukturchemie (Kristallsysteme, Gittertypen, Kugelpackungen); Chemie in Schmelzen; Kolloidchemie; Überblick über Hauptgruppenelemente, Chemie ausgewählter Hauptgruppenelemente (Wasserstoff, Edelgase, Alkali-, Erdalkalimetalle, Halogene, Sauerstoff, Schwefel, Bor, Aluminium, Stickstoff, Phosphor, Kohlenstoff, Silizium).
- **Organische Chemie:** Qualitative LCAO zur Beschreibung der Bindungen in organischen Molekülen, Hybridisierung, Molekülgeometrie (Isometrie, Konstitution, Konformation, Konfiguration, Chiralität), relative thermodynamische Stabilität von Isomeren; Bindung und Mesomerie; Stoffklassen und Nomenklatur (Alkane, Alkene, Alkine, Aromaten, organische Halogenide, Alkohole, Thioalkohole, Ether, Thioether, Amine, Azide, Nitro- und Azo-Verbindungen, Verbindung mit Carbonyl- und Carboxyl-Gruppen, deren Derivate und Schwefel-Homologe); typische Reaktionen (Addition, Eliminierung, Substitution, Oxidation, Reduktion) der funktionellen Gruppen.
- **Physikalische Chemie:** Wärmesatz von Hess; physikalische Eigenschaften von Verbindungen, zwischenmolekulare Kräfte; chemische Thermodynamik (Temperatur, Energie, Enthalpie, Arbeit, Entropie, Hauptsätze der Thermodynamik, physikalische und chemische Zustandsänderung), kinetische Gastheorie (Temperatur und kinetische Energie, Wärmekapazität von Gasen).

5. Kompetenzen:
Ziel des Moduls ist der Erwerb eines grundlegenden Verständnisses der physikalischen und chemischen Eigenschaften von Molekülen und Molekülionen entsprechend unserer heutigen Vorstellungen. Die Studierenden sollen mit den wesentlichen Konzepten und Modellvorstellungen und der Terminologie zur Beschreibung chemischer Verbindungen und Reaktionen vertraut sein.

6. Anzahl Einzelleistungen:
unbenotete Einzelleistung

7. Erbringungsformen:
Portfolio aus vier schriftlichen Kenntnisstandsüberprüfungen (Allgemeine, Anorganische, Organische, Physikalische Chemie). Die Einzelleistung ist bestanden, wenn insgesamt im Mittel 45% der für die Kenntnisstandsüberprüfungen zu vergebenden Punkte erreicht wurden.

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Die Leistungspunkte werden vergeben für die regelmäßige Teilnahme an den Vorlesungen und Übungen, für aktive Teilnahme, die die Anfertigung von Aufgaben zu Übungszwecken einschließt, sowie für das bestehen der unbenoteten Einzelleistung.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Allgemeine Chemie (V)	1	36	24			2
Grundlagen der anorganischen Chemie I (V)	1	18	12			1
Grundlagen der organischen Chemie I (V)	1	18	12			1
Grundlagen der physikalischen Chemie I (V)	1	18	12			1
Modulbezogene Einzelleistung	1				3	3
Übungen zu Grundlagen der Chemie	1	60				2
Gesamt						10

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Keine

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul des vertiefenden Studiums im Bachelorstudiengang *Vertiefung Biophysik* bzw. *Vertiefung Nanowissenschaften* (FsB 5.3.2 bzw. 5.3.3)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Jährlich, jeweils Wintersemester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 35: Chemie Ergänzung

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Vorlesung „Grundlagen der der Organischen Chemie II (2SWS)“ mit Übungen (2SWS)
Praktikum zur Organischen Chemie (Blockveranstaltung)

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Lehrenden der Chemie im Wechsel

4. Lehrinhalte:
Organische Chemie: Stoffklassen und Nomenklatur (organische Halogenide, (Thio)Alkohole, (Thio) Ether, Amine, Azide, Nitro- und Azo-Verbindungen, Verbindungen mit Carbonyl- und Carboxyl-Gruppen, deren Derivate und Schwefel-Homologe); Beispiele von Naturstoffen zu diesen Stoffklassen (Terpene, Alkaloide, Pflanzenfarbstoffe, Kohlenhydrate, Aminosäuren, Peptide, Nukleinsäuren, Lipide); typische Reaktionen (Addition, Eliminierung, Substitution, Oxidation, Reduktion) der funktionellen Gruppen, ausgewählte Reaktionsmechanismen und energetischer Verlauf der Reaktionen (Hammond-Postulat, relative thermodynamische Stabilität von Zwischenstufen, elektronische Substituenteneffekte, Mesomerie, konkurrierende Reaktionen, Einfluss des Lösemittels, Regioselektivität, Stereoselektivität), Wärmesatz von Hess; physikalische Eigenschaften von Verbindungen;

Die Grundlagen zu den Versuchen im Praktikum werden in einer gesonderten Übungsstunde vermittelt.

5. Kompetenzen:
Die Vorlesungen des Moduls 35 führen die Vorlesungen des Moduls 34 fort. Die Studierenden sollen nach Abschluss der zwei Module Allgemeine Chemie mit den wesentlichen Konzepten und Modellvorstellungen und der Terminologie zur Beschreibung chemischer Verbindungen und Reaktionen vertraut sein. Außerdem soll die Verflechtung mit technischen Disziplinen und mit anderen Wissenschaften wie beispielsweise Biologie und Physik sowie die Relevanz der Chemie im täglichen Leben aufgezeigt werden.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine benotete und eine unbenotete Einzelleistung

7. Erbringungsformen:

Klausur (über Vorlesung und Übung) und Portfolio aus Versuchen. Dabei besteht ein Versuch aus

- Überprüfung der Vorkenntnisse (Antestat)
- Versuchsdurchführung und Protokollierung von Beobachtungen und Ergebnissen
- Anfertigen eines schriftlichen Versuchsprotokolls
- Gespräch über das Versuchsprotokoll (Abtestat)

Das Praktikum wird als 3-wöchige Blockveranstaltung angeboten. Die Anzahl der Versuche ist so bemessen, dass eine Wiederholung von Versuchen im angegebenen Zeitumfang möglich ist.

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Bestehen der Einzelleistungen, regelmäßige aktive Teilnahme: begleitend zu der Vorlesung muss eine Nacharbeitung /Überarbeitung anhand von Chemie-(Standard) Lehrbüchern erfolgen.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Grundlagen der organischen Chemie II (V+Ü)	2	60	30	1		4
Praktikum zur Organischen Chemie	2	75	15		2	5
Gesamt						9

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Modul 34

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul des vertiefenden Studiums im Bachelorstudiengang *Vertiefung Biophysik* (FsB 5.3.2)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Jährlich, jeweils im Sommersemester; Praktikum 3-wöchig, Blockveranstaltung (im September)

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 36: Grundlagen Biologie

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Vorlesung „Grundlagen der Molekularen Biologie“ (4 SWS) Praktikum „Basismodul Biologie Praxis I“ (3 SWS = es muss nur für ein halbes Semester an der Veranstaltung teilgenommen werden) in Kleingruppen

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Lehrenden der Biologie im Wechsel

4. Lehrinhalte:
Diese Vorlesung vermittelt den Studierenden eine Einführung in die molekulare Biologie. Als Leitmotiv dient das Motto "vom Molekül zur Zelle zum Organismus". Dabei soll ersichtlich werden, dass die einzelnen Disziplinen der molekularen Biologie (vor allem Biochemie, Physiologie, Genetik, Zellbiologie und Mikrobiologie) unterschiedliche Ansätze sind, die erst in ihrer Kombination ein Verständnis der grundlegenden Prozesse der molekularen Biologie ermöglichen. Behandelt werden die allgemeinen Prinzipien des Aufbaus lebender Materie, Bau und Funktion biologisch wichtiger Moleküle, molekulare Mechanismen des Stoffwechsels, Struktur und Funktion von pro- und eukaryotischen Zellen sowie von Zellorganellen, die molekulare Grundlage der Vererbung und das zentrale Dogma der Molekulargenetik, klassische und Cyto-Genetik sowie Kontrolle der Genexpression, Entwicklungsgenetik und Musterbildung.

5. Kompetenzen:
Die Studierenden werden in die Prinzipien der Biologie eingeführt. Es werden Schlüsselkonzepte aus der Biologie vorgestellt, wobei das Motto "vom Molekül zur Zelle" als Leitmotiv dieses Moduls dient. Es soll ersichtlich werden, dass grundlegende Disziplinen der Biologie, wie die Biochemie, die Genetik, die Zellbiologie unterschiedliche Ansätze sind, die sich erst in ihrer übergreifenden Kombination dem eigentlichen Kern der Biologie, dem Verständnis des Lebens, nähern. In einer Kombination aus Vorlesungen und Seminaren mit Tutoriencharakter soll der von den Studierenden bereits vorbereitete Unterrichtsstoff erarbeitet werden. Der Stoff wird dazu in Bereiche eingeteilt, die durch entsprechende Arbeitsgruppen vertreten sind. Die einzelnen Bereiche stimmen die Lehre so aufeinander ab, dass ein einheitliches und konsistentes Bild der Biologie entsteht.
Das Praxismodul vermittelt den Studierenden einen ersten Einblick in experimentelle Arbeitstechniken der Biologie. Es ist eng verzahnt mit der Vorlesung und folgt dem gleichen Leitmotiv. Besonderer Wert wird auf die Konzeption von Experimenten gelegt. Die Studierenden sollen erkennen, wie, ausgehend von einer Hypothese, diese mit technisch einfachen Experimenten bestätigt oder widerlegt werden kann. Die Studierenden sollen in einzelnen Ansätzen lernen, wie komplexes biologisches Verhalten von Systemen durch ein Modell erklärt werden kann. Dabei sollen die Grundlagen einer experimentellen Wissenschaft erlernt werden (das Verändern nur einer Variablen in einem Experiment, das Schaffen einer kontrollierten Umgebung, die es erlaubt, Reaktionen des Systems auf die veränderliche Variable zurückzuführen, die Wiederholbarkeit des Experimentes, die Prüfung des Modells durch Vorhersagen die experimentell überprüfbar sind, positive/negative Kontrolle, die Rolle der Statistik).

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine benotete und eine unbenotete Einzelleistung

7. Erbringungsformen:
Klausur und Portfolio bestehend aus Versuchen mit Versuchsprotokollen und einer Abschlussklausur

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Bestehen der Einzelleistungen, regelmäßige aktive Teilnahme:
Begleitend zu der Vorlesung muss eine Nacharbeitung /Überarbeitung anhand von Biologie-(Standard) Lehrbüchern erfolgen. Im praktischen Teil ist zu jedem Versuch eine Vorbereitung der entsprechenden Grundlagen erforderlich. Hinweise hierzu sind den Praktikumsunterlagen/ Versuchsanleitungen zu entnehmen. Die eigentlichen Versuche werden in Kleingruppen durchgeführt und von Tutoren betreut. Die Durchführung und die Messergebnisse werden in einem Protokoll dokumentiert, das die Auswertung und eine kritische Diskussion der Ergebnisse enthält. Das Portfolio wird mit einer Abschlussklausur über die Versuche abgeschlossen.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Grundlagen der Molekularen Biologie	5	60	30	2		5
Praktikum (50% der Veranstaltung *Basismodul Biologie Praxis I*)	5	45	45		2	5
Gesamt						10

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Keine

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul des vertiefenden Studiums im Bachelorstudiengang *Vertiefung Biophysik* (FsB 5.3.2)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Jährlich, im Wintersemester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 37: Einführung in die Methoden der theoretischen Physik III

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Vorlesung (3SWS) und Übung (1 SWS), betreut in Kleingruppen

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Veranstalter, Professor(inn) en und Dozent(inn)en der Theoretischen Physik im Wechsel.

4. Lehrinhalte:
Kernpunkte der Veranstaltung sind: Vektorräume, Funktionenräume, komplexe Funktionen (diese Veranstaltung entspricht Modul 8.2.1)

5. Kompetenzen:
Ziel der Veranstaltung ist es, die Studierenden mit der natürlichen Sprache der Physik und der Mathematik vertraut zu machen. Die Auswahl der Themen und die Art ihrer Präsentation werden vom Mathematikbedarf des Physikers diktiert.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine benotete Einzelleistung

7. Erbringungsformen:
Klausur

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Bestehen der Klausur (über Vorlesung und Übung), regelmäßige aktive Teilnahme: begleitend zu der Vorlesung muss eine Nacharbeitung anhand von Lehrbüchern und der Vorlesungsmitschrift erfolgen. Für die Übungen müssen Aufgaben bearbeitet und in den Übungsstunden vorgerechnet werden. Die zu bearbeitenden Übungsaufgaben werden jeweils eine Woche vorher ausgegeben.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:
Modul 37:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontakt-stunden	Selbst-studium	beno-tet	unbenotet	
Vorlesung 8.2.1	3	45	45	2		5
Übung zur Vorlesung 8.2.1	3	15	15			1
Gesamt						6

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Empfohlen wird der Besuch des Vorkurses, der in den mathematisch-physikalischen Hintergrund einführt und auf das Studium vorbereitet.

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul des vertiefenden Studiums im Bachelorstudiengang *Vertiefung Biophysik* und *Vertiefung Nanowissenschaften* (FsB 5.3.2 und 5.3.3)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Jährlich, im Wintersemester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 38: Profilierungsmodul

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Hauptpraktikum oder Hauptseminar oder vertiefende Lehrveranstaltungen (10-12 SWS)

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Betreuer der Abschlussarbeit.
(In Einzelfällen kann die unmittelbare Aufsicht auch an Lehrbeauftragte aus der industriellen Forschung delegiert werden.)

4. Lehrinhalte:
Das Modul ist gekennzeichnet durch weitgehende Selbstständigkeit in der Arbeit. Als Unterstützung dient die detaillierte Anleitung durch die Betreuerin oder den Betreuer der Abschlussarbeit oder von ihr oder ihm beauftragter Personen. Vor Beginn des letzten Studiensemesters ist das Thema der Bachelorarbeit mit der Betreuerin oder dem Betreuer der Arbeit abzusprechen. Je nach Thema der Arbeit wird der Inhalt des Moduls mit den dazugehörigen Veranstaltungen in Absprache mit Betreuerin oder Betreuer festgelegt. Das Ergebnis dieser Beratung wird dokumentiert. Der Inhalt des Moduls kann aus einem Hauptpraktikum, d.h. der angeleiteten experimentellen Arbeit im Labor, oder einem Hauptseminar, d.h. der angeleiteten theoretischen Beschäftigung mit einem Thema der Physik, bestehen. Alternativ kann der Besuch vertiefender Vorlesungen, Übungen oder Seminare vereinbart werden. In jedem Fall soll profilabhängig der Bezug zur Praxis reflektiert werden.

5. Kompetenzen:
Das Profilierungsmodul dient der individuellen, durch die Betreuerin oder den Betreuer der Bachelorarbeit geleiteten Profilierung im für die Bachelorarbeit gewählten fachlichen Bereich.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Ein bis zwei benotete Einzelleistungen

7. Erbringungsformen:
Prüfungsgespräch und/oder Seminarvortrag und/oder mündliche Prüfung

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Regelmäßige aktive Teilnahme, Bestehen der Einzelleistung/en

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:
In dem Modul sind Studien- und Prüfungsleistungen im Umfang von insgesamt 16LP zu erbringen. Die zeitliche Aufteilung wird abhängig vom gewählten Thema der Bachelorarbeit (siehe Punkt 4) zwischen Studierender oder Studierendem und Betreuerin oder Betreuer festgelegt. Es ergibt sich folgende Grundstruktur:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Profilierungsveranstaltung	6	150-180	210-270	2-4		16
Gesamt						16

Im Folgenden sind zwei typische Beispiele für Konkretisierungen der Profilierung genannt:

Beispiel 1:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Theoretische Physik IV (V)	6	60	60	2*		6
Übung zur Theoretischen Physik IV	6	30	60			3
Seminar	6	30	30	1**		3
Lesekurs passend zum thematischen Bereich der Bachelorarbeit	6	30	90			4
Gesamt						16

*: mündliche Prüfung
**: Seminarvortrag

Beispiel2:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Seminar	6	30	30	1*		3
Hauptpraktikum	6	150	150	3**		13
Gesamt						16

*: Seminarvortrag
**: Prüfungsgespräch

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Die Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse dieses Moduls sind mit der oder dem Modulverantwortlichen zu klären. Voraussetzung ist in jedem Fall der erfolgreiche Abschluss der Module der fachlichen Basis (Ziffer 5.1 der FsB). Außerdem kann der Abschluss bestimmter Veranstaltungen der Profile, Ziffern 5.2.3 bis 5.2.5 der FsB, bzw. der Vertiefungen, Ziffern 5.3.1 bis 5.3.3 der FsB, gefordert werden.

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul des Bachelorstudiengang mit Kernfach Physik *Profil Physik, Biophysik und Nanowissenschaften* (FsB 5.2.3, 5.2.4, 5.2.5)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
In jedem Semester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul 39: Bachelorarbeit

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Keine

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Betreuer der Abschlussarbeit.
(In Einzelfällen kann die unmittelbare Aufsicht auch an Lehrbeauftragte aus der industriellen Forschung delegiert werden.)

4. Lehrinhalte:
In der Bachelorarbeit wird aufbauend auf den im Studium erworbenen Kenntnissen und Fähigkeiten ein eng abgegrenztes Aufgabengebiet weitgehend selbständig mit wissenschaftlichen Methoden ausgearbeitet. Die Ergebnisse werden in adäquater Form genau dokumentiert.
Das Modul beinhaltet die Durchführung eines mehrwöchigen Projektpraktikums im wissenschaftlichen Umfeld. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf einer fachlichen Spezialisierung bei der selbständigen Lösung eines vorliegenden Detail-Problems. Die einzelnen Schritte (also Problemanalyse, Zerlegung in Teilprobleme, Definition der Methodik, Lösungsphase, Dokumentation und Präsentation) werden unter Anleitung durchgeführt und können somit als Musterweg für Problemlösungen im späteren Beruf verwendet werden.

5. Kompetenzen:
Die gezielte Aufarbeitung eines Problems mit den richtigen Werkzeugen und die Präsentation der Ergebnisse in einer Bachelorarbeit befähigen schließlich zu dem Abschluss des Bachelor-Studiengangs.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Benotete Einzelleistung

7. Erbringungsformen:
Bachelorarbeit

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Die Bachelorarbeit wird von einer prüfungsberechtigten Person der Fakultät für Physik ausgegeben und betreut. Die Bachelorarbeit wird von der das Thema ausgebenden Person und einer weiteren prüfungsberechtigten Person bewertet. Die oder der Studierende kann Vorschläge für das Thema und die weitere prüfende Person machen. Die Bearbeitungszeit beträgt in der Regel 8 Wochen. Sie kann in begründeten Fällen um 4 Wochen verlängert werden. Die Arbeit ist in dreifacher Ausfertigung fristgerecht beim Prüfungsamt der Fakultät für Physik abzugeben, nicht fristgerecht erbrachte Leistungen gelten als nicht erbracht.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:
240 Std. Selbststudium
Leistungspunkte (LP) für das Modul: 8 LP

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:

Das Thema der Bachelorarbeit ist vor Beginn des letzten Studiensemesters mit der Betreuerin oder dem Betreuer abzusprechen. Voraussetzung für die Ausgabe des Themas der Bachelorarbeit ist in jedem Fall der erfolgreiche Abschluss der Module der fachlichen Basis (Ziffer 5.1 der FsB). Je nach Thema der Arbeit kann außerdem der Abschluss bestimmter Veranstaltungen der Profile, Ziffern 5.2.1 bis 5.2.5 der FsB, bzw. der Vertiefungen, Ziffern 5.3.1 bis 5.3.3 der FsB (z.B. ein Hauptpraktikum oder Hauptseminar im Umfang von bis zu 16 LP und weitere Veranstaltungen) gefordert werden. Diese Festlegung wird gemäß § 11 BPO vom Dekan oder der von ihm beauftragten Person getroffen und dokumentiert.

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul für den Bachelorstudiengang Physik

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
8 Wochen/jederzeit

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul N1: Naturwissenschaften I

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:

Der Energiebegriff in den Naturwissenschaften - Vorlesung (2 SWS)
Der Energiebegriff in den Naturwissenschaften - Übung (2 SWS)
Der Energiebegriff in den Naturwissenschaften - Praktikum (3 SWS)

3. Modulverantwortliche(r):
Fakultät für Chemie, Frau Prof. Dr. G. Lück

4. Lehrinhalte:
Der Energiebegriff spielt eine zentrale Rolle in den naturwissenschaftlichen Disziplinen Biologie, Physik und Chemie und wird in diesem Modul fächerübergreifend, allerdings mit chemischem Schwerpunkt thematisiert. Dabei wird die wissenschaftliche Bedeutung des Energiebegriffs in den jeweiligen Naturwissenschaften exemplarisch vorgestellt, wobei beispielsweise Themen aus den Bereichen Energieerhaltung, Energieformen, Energiequellen, Energiespeicherung- und Transport und Energieumwandlung behandelt werden. Zudem werden die Einführung und Vertiefung des Energiebegriffs im Unterricht thematisiert. Dieses Modul besteht aus einer Vorlesung, aus einem Praktikum, bei dem Schülerexperimente, aber auch Experimente zur Förderung des wissenschaftlichen Verständnisses der Studierenden im Mittelpunkt stehen, sowie aus einer Übung, die die Inhalte der Vorlesung und des Praktikums vertiefen.

5. Kompetenzen:
Ziel des Moduls ist es, den Studierenden einen Einblick in den für die Naturwissenschaften Biologie, Chemie, Physik zentralen Begriff „Energie" zu vermitteln, der eine wesentliche Grundlage für einen fächerübergreifenden Unterricht darstellt.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine benotete modulbezogene Einzelleistung.

7. Erbringungsformen:
Klausur oder mündliche Prüfung

8. Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten:
Leistungspunkte werden vergeben für die regelmäßige, aktive Teilnahme an den Lehrveranstaltungen und die benotete Einzelleistung.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontakt-stunden	Selbst-studium	beno-tet	unbenotet	
Vorlesung	3	30	30			2
Übung	3	30	30			2
Praktikum	3	45	45			3
Modulbezogene Einzelleistung	3			3		3
-Gesamt						10

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Die Module 2, 4 und 5 der fachlichen Basis.

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul für Bachelorstudiengang Physik, Profil GHR im Kern- oder Nebenfach (FsB 5.2.2 oder 6.2)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Einsemestrig, jährlich im Wintersemester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul N2: Naturwissenschaften II

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Übung mit integriertem Seminar (5 SWS), Geländepraktikum (2 SWS)

3. Modulverantwortliche(r):
Fakultät für Biologie, Dr. Bodo Müller

4. Lehrinhalte:
Die Erde als "Der Blaue Planet", Verhältnis Salz-/Süßwasser/Eis. Das Molekül H_2O, chemische und physikalische Besonderheiten, Aggregatzustände. Wasserkreislauf unter Einbeziehung der Atmosphäre, Klimaeffekte. Zentrale Bedeutung für Entstehung des Lebens, wichtige aquatische Lebensformen heute und in der Erdgeschichte (Fossilien), Interpretation unter Evolutionsgesichtspunkten. Aquatische Lebensgemeinschaften, Einfluss abiotischer Parameter, ökologische Vernetzungen. Trinkwasser als begrenzte Ressource, politische Konsequenzen.

5. Kompetenzen:
Im Vordergrund steht die Vermittlung grundlegender Kenntnisse über die Vielfalt einheimischer Süßwasserorganismen, ihre ökologischen Ansprüche und Relevanz. Als experimentelle Fertigkeiten werden sowohl qualitative und quantitative Analysen wichtiger chemischer Parameter in Gewässern als auch das Bestimmen von Plankton und anderen Organismen in und an Gewässern vermittelt. In allen Fällen werden Verfahren eingesetzt, die auch mit schulischen Mitteln reproduzierbar und für die verschiedenen Altersstufen (Klassen 1-10) relevant sind. Experimentelles Arbeiten an typischen ostwestfälischen Gewässern ist notwendig. In Zusammenarbeit mit lokalen Bio-Stationen werden auch Aspekte der außerschulischen Bildungsarbeit behandelt.
Folgende Techniken kommen zum Einsatz: *Entnahme von Planktonproben, Bestimmung chemischer Parameter mittels Sonden (O_2, pH), Titration, Spektralphotometrie, Mikroskopie.*
Regeln für den Umgang mit Chemikalien und Fragen der Sicherheitsproblematik von Geländearbeiten mit Schülerinnen und Schülern werden thematisiert.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine benotete modulbezogene Einzelleistung

7. Erbringungsformen:
Klausur

8.Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten:
Regelmäßige, aktive Teilnahme an den Lehrveranstaltungen, Bestehen der Einzelleistung

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Übung mit Seminar	4	75	75			5
Geländepraktikum	4	30	30			2
Modulbezogene Einzelleistung				3		3
Gesamt						10

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Die Module 2, 4 und 5 der fachlichen Basis.

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul für Bachelorstudiengang Physik, Profil GHR im Kern- oder Nebenfach (FsB 5.2.2 oder 6.2)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Einsemestrig, jährlich jeweils im Sommersemester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul N3: Naturwissenschaft III

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Vorlesung (2 SWS), Übungen (2 SWS), Experimentierübungen (3 SWS)

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Lehrenden, Professor(inn)en und Dozent(inn)en des Lehrbereichs Physik und ihre Didaktik

4. Lehrinhalte:
Das Thema *"Physikalische Grundlagen zum Verständnis des Sehvorganges und Hörvorganges* und die *Physiologie des Riechens und Schmeckens*" spielt eine zentrale Rolle in den naturwissenschaftlichen Disziplinen Biologie, Physik und Chemie und wird in diesem Modul fächerübergreifend, allerdings mit physikalischem Schwerpunkt, thematisiert. Ziel des Moduls ist es, den Studierenden einen Einblick in das für die Naturwissenschaften Biologie, Chemie und Physik zentrale Thema "Wahrnehmung" zu vermitteln, das eine wesentliche Grundlage für einen fächerübergreifenden Unterricht darstellt.
Kernpunkte der Veranstaltung sind:

- Elemente der Optik: Lichtquellen und Lichtstrahlen, die gradlinige Ausbreitung des Lichtes, Licht und Schatten, Lochkamera, Spiegelbilder/ Reflexionsgesetz, Lichtbrechung, Bilder optischer Linsen, Auge, Lupe, Kamera, Fernrohr, Farben, Farbmischung, Körperfarben
- Elemente der Akustik (Lehre vom Schall): Schallquellen (erwünscht und unerwünscht), wie gelangt der Schall an unser Ohr, Schallausbreitung, Schallgeschwindigkeit (Blitz und Donner), Echo, Reflexion von Schall, Wie wir hören - unser Ohr, Töne, Erzeugung von Tönen, Musikinstrumente (Zupfen, Schlagen, Blasen)
- Physiologie des Riechens und Schmeckens

Im Praktikum stehen Schülerexperimente, aber auch Experimente zur Förderung des wissenschaftlichen Verständnisses der Studierenden im Mittelpunkt. In den Übungen werden die Inhalte der Vorlesung/ des Praktikums vertieft.

5. Kompetenzen:
Die Studierenden lernen grundlegende Begriffe, Phänomene und Konzepte der Physik und Physiologie der Wahrnehmung kennen und erwerben experimentelle Fähigkeiten. Zu diesen Fertigkeiten gehören sowohl qualitative und quantitative Analysen wichtiger physikalischer Parameter. Die Studierenden werden in die Lage versetzt, Themen aus diesem Bereich, die für die schulische Praxis von Bedeutung sind, zu bearbeiten.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine benotete Einzelleistung

7. Erbringungsformen:
Klausur oder mündliche Prüfung

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Regelmäßige, aktive Teilnahme an den Lehrveranstaltungen, insbesondere die Bearbeitung der Übungsaufgaben und die Durchführung der Experimente im Praktikum einschließlich Protokollierung der Versuche. Bestehen der Einzelleistung.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Vorlesung	5	30	30			2
Übung	5	30				1
Praktikum	5	45	15			2
Modulbezogene Einzelleistung				5		5
Gesamt						10

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Die Module 2, 4 und 5 der fachlichen Basis.

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul für Bachelorstudiengang Physik, Profil GHR im Kern- oder Nebenfach (FsB 5.2.2 oder 6.2)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:

Einsemestrig, jährlich im Wintersemester

1. Modultitel und Modulnummer:
Modul N4: Didaktik der Naturwissenschaften

2. Lehrveranstaltungen des Moduls:
Vorlesung (2 SWS), Praktikum an Schulen oder außerschulischen Lernorten (3 SWS), Seminar zum Praktikum (2 SWS)

3. Modulverantwortliche(r):
Verantwortlich sind die Lehrenden, Professor(inn)en und Dozent(inn)en der Didaktik der Chemie, Biologie, Physik

4. Lehrinhalte:
Die Vorlesung führt ein in die komplexen Bedingungs- und Entscheidungsfelder sowie didaktische Konzeptionen naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Primarstufe und der Sekundarstufe I. Im Mittelpunkt dieses Moduls stehen Fragen zur Vermittlung naturwissenschaftlicher Inhalte in den ersten Schuljahren bzw. zur Einführung der naturwissenschaftlichen Fächer. Die Fächer Biologie, Chemie und Physik stehen hier vor besonderen Problemfeldern: Einerseits wird ihnen - auch schon in den frühen Jahren - Ressentiments entgegengebracht, andererseits erfordert der Einsatz von Experimenten, Modellen und einer eigenen Terminologie besondere Anforderungen an den Lehrenden. Auch die seitens der Schüler als Vorwissen mitgebrachten Alltagsvorstellungen müssen bekannt sein, um auf ihnen aufzubauen bzw. diese zu erweitern. In diesem Modul werden im Rahmen der Vorlesung fächerübergreifend grundlegende Kenntnisse zur Theorie der Didaktik der Naturwissenschaften vermittelt, die im Rahmen eines Praktikums an Schulen oder aber an außerschulischen Lernorten (etwa Schülerlabors, Naturwissenschaftsmuseen, Redaktionen von Schulbuchverlagen etc.) vertieft werden. Ein begleitendes Seminar zum Praktikum gibt Hilfestellungen bei der Erprobung erster Lehr-Erfahrungen.

5. Kompetenzen:
Für den fächerverbindenden naturwissenschaftlichen Unterricht wird Grundlagenwissen über didaktische Theorien der Naturwissenschaften erworben, gleichzeitig werden entsprechende Unterrichtsmethoden in Schulen erprobt und der Einsatz von Experimenten, Medien und Modellen trainiert. Das Modul dient damit sowohl dem Erwerb erster, eigener Lehrerfahrung an Schulen als auch an den immer wichtiger werdenden außerschulischen Lernorten. In Praxisstudien werden Techniken zur Ermittlung der Alltags- und der vorunterrichtlichen Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern erworben und die Verwendbarkeit dieser Vorstellungen als Ausgangspunkt weiterführender Unterrichtselemente geprüft.

6. Anzahl Einzelleistungen:
Eine benotete und eine unbenotete Einzelleistung

7. Erbringungsformen:
Die benotete Einzelleistung wird in Form einer Klausur, die unbenotete in Form eines Praktikumsberichts erbracht.

8. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten:
Die Leistungspunkte werden vergeben für die regelmäßige, aktive Teilnahme an den Lehrveranstaltungen, die Teilnahme am begleitenden Seminar und das Bestehen der Einzelleistungen.

9. Arbeitsaufwand und Leistungspunkte:

Struktur des Lehrangebots	Semester	Aufwand (Stunden)		Aufwand Einzelleistungen (LP)		LP
		Kontaktstunden	Selbststudium	benotet	unbenotet	
Vorlesung	6	30	30	3		5
Seminar	6	30				1
Praktikum	6	45	15	2		4
Gesamt						10

10. Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Zwei der Module N1 bis N3

11. Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:
Pflichtmodul für Bachelorstudiengang Physik, Profil GHR im Kern- oder Nebenfach (FsB 5.2.2 oder 6.2)

12. Dauer des Moduls/Angebotsturnus:
Einsemestrig, jährlich jeweils im Sommersemester