

## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-111-1001	Pflicht

### Modultitel **P1-Dynamik und Synoptik**

**Modultitel (englisch)** Dynamics and Synoptics

**Empfohlen für:** 1. Semester

**Verantwortlich** Direktor des Instituts für Meteorologie

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** jedes Wintersemester

**Lehrformen**

- Vorlesung "Dynamik und Synoptik" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 90 h
- Übung "Dynamik und Synoptik" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 90 h

**Arbeitsaufwand** 6 LP = 180 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit** • M.Sc. Meteorologie

**Ziele** Es wird die Fähigkeit vermittelt, theoretische Gesetze der dynamischen Meteorologie in der praktischen Analyse und Wettervorhersage umzusetzen. Die Studierenden erlernen, ausgewählte Erscheinungsformen des großräumigen Wetters mit theoretischen Methoden in Verbindung zu bringen.

**Inhalt** Kinematik von Temperatur und Wind, Dynamik von Luftdichte, Druck und Wind, Gleichgewichtswindsysteme, dynamische Stabilität, ageostrophischer Horizontalwind, Temperaturadvektion, Wirbeldynamik. Frontalzone und Drucksysteme, primitive Gleichungen.

**Teilnahmevoraussetzungen** keine

**Literaturangabe**

- Pichler, H., 1997: Dynamik der Atmosphäre. 3. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag, Berlin, Heidelberg, Oxford, 572 pp.
- Holton, J. R., 2004: An Introduction to Dynamic Meteorology. 4th Edition, Elsevier Academic Press, San Diego, California, 535 pp.

**Vergabe von Leistungspunkten** Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Anlage zur Prüfungsordnung.

### Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Mündliche Prüfung 45 Min., mit Wichtung: 1	
	Vorlesung "Dynamik und Synoptik" (2SWS)
	Übung "Dynamik und Synoptik" (2SWS)

## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-111-1019	Pflicht

### Modultitel **P2-Atmosphärische Strahlung**

**Modultitel (englisch)** Atmospheric Radiation

**Empfohlen für:** 1. Semester

**Verantwortlich** Direktor des Instituts für Meteorologie

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** jedes Wintersemester

**Lehrformen**

- Vorlesung "Atmosphärische Strahlung" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 90 h
- Übung "Atmosphärische Strahlung" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 60 h

**Arbeitsaufwand** 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit** • M.Sc. Meteorologie

**Ziele** Es wird ein vertieftes Verständnis der atmosphärischen Strahlungsübertragung vermittelt. Einige der behandelten Konzepte haben einen hohen Abstraktionsgrad, wodurch das abstrakte Denken gefördert werden soll.

**Inhalt** Grundlegende Definitionen, Wechselwirkung von atmosphärischer Strahlung mit einzelnen Partikeln, Volumetrische optische Eigenschaften, Strahlungsübertragungsgleichung.

**Teilnahmevoraussetzungen** keine

**Literaturangabe**

- Bohren, C. F., and Clothiaux, E. E., Fundamentals of Atmospheric Radiation. Wiley VBCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 472 pp.
- Petty, G. W., 2006: A First Course in Atmospheric Radiation. Sundog Publishing, Madison, Wisconsin, 459 pp.

**Vergabe von Leistungspunkten** Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Anlage zur Prüfungsordnung.

### Prüfungsleistungen und -vorleistungen

**Modulprüfung: Klausur 90 Min., mit Wichtung: 1**

*Prüfungsvorleistung: Wöchentlich ausgegebene Hausaufgaben zu Fragen aus dem Bereich des Modulinhalts. Für die Lösung werden Punkte vergeben. Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung ist der Erwerb von 50% der möglichen Punkte des gesamten Semesters.*

	Vorlesung "Atmosphärische Strahlung" (2SWS)
	Übung "Atmosphärische Strahlung" (1SWS)

## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-111-1024	Wahlpflicht

<b>Modultitel</b>	<b>A1-Atmosphärisches Aerosol</b>
<b>Modultitel (englisch)</b>	Atmospheric Aerosol
<b>Empfohlen für:</b>	1./3. Semester
<b>Verantwortlich</b>	Direktor des Instituts für Meteorologie
<b>Dauer</b>	1 Semester
<b>Modulturnus</b>	jedes Wintersemester
<b>Lehrformen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung "Atmosphärische Aerosole" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 90 h</li> <li>• Seminar "Atmosphärische Aerosole" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 60 h</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)
<b>Verwendbarkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M.Sc. Meteorologie</li> <li>• Wahlmodul für den Wahlbereich in anderen Studiengängen</li> </ul>
<b>Ziele</b>	Grundlegendes Verständnis des atmosphärischen Aerosols und dessen Auswirkung auf klimatische und meteorologische Prozesse in Theorie und Praxis
<b>Inhalt</b>	Quellen und Senken atmosphärischer Aerosolpartikel, Partikel-Nukleation, Seesalz und Mineralstaub, Transformationsprozesse in der Atmosphäre, hygroskopisches Feuchtwachstum, Vertikale Aerosolverteilung, Aerosol in der freien Troposphäre und unteren Stratosphäre, Klimaantrieb des Aerosols
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	keine
<b>Literaturangabe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• John H. Seinfeld and Spyros N. Pandis: Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change</li> </ul>
<b>Vergabe von Leistungspunkten</b>	Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Anlage zur Prüfungsordnung.

### Prüfungsleistungen und -vorleistungen

<b>Modulprüfung: Klausur 60 Min., mit Wichtung: 1</b>	
	Vorlesung "Atmosphärische Aerosole" (2SWS)
	Seminar "Atmosphärische Aerosole" (1SWS)

## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-111-1025	Wahlpflicht

<b>Modultitel</b>	<b>A2-Chemie der Atmosphäre - Das Multiphasensystem</b>
<b>Modultitel (englisch)</b>	Atmospheric Chemistry - The Multiphase System
<b>Empfohlen für:</b>	1. Semester
<b>Verantwortlich</b>	Direktor des Instituts für Meteorologie
<b>Dauer</b>	1 Semester
<b>Modulturnus</b>	jedes Wintersemester
<b>Lehrformen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung "Chemie der Atmosphäre – Das Multiphasensystem" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 75 h</li> <li>• Übung "Chemie der Atmosphäre – Das Multiphasensystem" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 30 h Selbststudium = 45 h</li> <li>• Seminar "Chemie der Atmosphäre" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 15 h Selbststudium = 30 h</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)
<b>Verwendbarkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M.Sc. Meteorologie</li> <li>• Wahlmodul für den Wahlbereich in anderen Studiengängen</li> </ul>
<b>Ziele</b>	Dieses Modul vermittelt detaillierte Kenntnisse über die chemischen Prozesse im atmosphärischen Multiphasensystem (Vorlesung), über aktuelle Kapitel aus der atmosphärenchemischen Forschung (Seminar) und schließlich über Labormethoden zur Untersuchung atmosphärenchemisch relevanter Fragestellungen (Praktikum).
<b>Inhalt</b>	Die Chemie der Stratosphäre wird im Detail besprochen und die Rolle von Partikeln im atmosphärischen Mehrphasensystem wird beschrieben. Die Budgets von troposphärischen Partikeln und der Kenntnisstand zu chemischen Umsetzungen an und in Partikeln, den Tröpfchen von Wolken, Regen und Nebel in der Troposphäre wird umfassend dargestellt. Der Stand der Modellentwicklung zum Verständnis troposphärischer Mehrphasensysteme wird dargestellt und vermittelt.
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	Die Veranstaltungen setzen grundlegende Kenntnisse der Chemie, Physik und Meteorologie voraus.
<b>Literaturangabe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wayne, R. P., 2000: Chemistry of Atmospheres, an introduction to the chemistry of the atmospheres of earth, the planets, and their satellites. Oxford: Oxford Univ. Press.</li> <li>• Seinfeld, J. H. und Pandis, S. N., 1998: Atmospheric Chemistry and Physics, From Air Pollution to Climate Change. New York: Wiley.</li> <li>• Finlayson-Pitts, B. J. und Pitts, J. N., 1998: Atmospheric Chemistry. New York: Wiley.</li> </ul>
<b>Vergabe von Leistungspunkten</b>	Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Anlage zur Prüfungsordnung.

**Prüfungsleistungen und -vorleistungen****Modulprüfung: Klausur 90 Min., mit Wichtung: 1**

*Prüfungsvorleistung: Wöchentlich ausgegebene Hausaufgaben zu Fragen aus dem Bereich des Modulinhalts. Für die Lösung werden Punkte vergeben. Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung ist der Erwerb von 50% der möglichen Punkte des gesamten Semesters.*

	Vorlesung "Chemie der Atmosphäre – Das Multiphasensystem" (2SWS)
	Übung "Chemie der Atmosphäre – Das Multiphasensystem" (1SWS)
	Seminar "Chemie der Atmosphäre" (1SWS)

## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-111-1026	Wahlpflicht

### Modultitel **A3-Numerische Wettervorhersage und Klimamodellierung**

**Modultitel (englisch)** Numerical Weather Prediction and Climate Modelling

**Empfohlen für:** 1./3. Semester

**Verantwortlich** Direktor des Instituts für Meteorologie

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** jedes Wintersemester

**Lehrformen**

- Vorlesung "Numerische Wettervorhersage und Klimasimulation" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 30 h Selbststudium = 60 h
- Praktikum "Numerische Wettervorhersage und Klimasimulation" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 75 h Selbststudium = 90 h

**Arbeitsaufwand** 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit**

- M.Sc. Meteorologie
- Wahlmodul für den Wahlbereich in anderen Studiengängen

**Ziele** Die Teilnehmenden erwerben sachliches und technisches Verständnis von Modellen zur numerischen Wettervorhersage und zur Klimasimulation als Grundlage für die selbständige Anwendung und (Weiter-)Entwicklung solcher Modelle.

**Inhalt** Numerische Lösung der grundlegenden Gleichungen, Diskretisierungsmethoden, Methodik und Praxis der Parametrisierung subskaliger Prozesse, Problematik der Anwendung auf Großrechnerarchitekturen, Vorhersagbarkeit

**Teilnahmevoraussetzungen** keine

**Literaturangabe** Grundsätzlich empfohlen:

- Trenberth, Climate System Modeling, Cambridge University Press, 2010, 820pp.
- Kalnay, Atmospheric Modeling, Data Assimilation and Predictability, Cambridge University Press, 2003, 341 pp.

**Vergabe von Leistungspunkten** Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Anlage zur Prüfungsordnung.

### Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Praktikumsbericht (Bearbeitungszeit: 4 Wochen) und Referat (45 Min.), mit Wichtung: 1	
	Vorlesung "Numerische Wettervorhersage und Klimasimulation" (2SWS)
	Praktikum "Numerische Wettervorhersage und Klimasimulation" (1SWS)

## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-111-1029	Wahlpflicht

### Modultitel T1-Dynamik der mittleren Atmosphäre

**Modultitel (englisch)** Dynamics of the Middle Atmosphere

**Empfohlen für:** 1./3. Semester

**Verantwortlich** Direktor des Instituts für Meteorologie

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** jedes Wintersemester

**Lehrformen**

- Vorlesung "Dynamik der mittleren Atmosphäre" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 90 h
- Übung "Dynamik der mittleren Atmosphäre" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 60 h

**Arbeitsaufwand** 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit**

- M.Sc. Meteorologie
- Wahlmodul für den Wahlbereich in anderen Studiengängen

**Ziele** Nach erfolgreicher Teilnahme sind die Studierenden in der Lage, Phänomene in der mittleren Atmosphäre zu interpretieren und die grundlegenden Zusammenhänge aus der theoretischen Meteorologie auf die speziellen Verhältnisse der mittleren Atmosphäre anzuwenden.

**Inhalt** Dynamik der Stratosphäre und Mesosphäre: primitive Gleichungen, globale Zirkulationsmodelle, quasigeostrophische Gleichungen, lineare Wellentheorie, Gezeiten, planetare Wellen, Eulersche gemittelte Gleichungen, TEM-Gleichungen, Stratosphärenenerwärmungen, Schwerewellen.

**Teilnahmevoraussetzungen** keine

**Literaturangabe**

- Andrews, D.G., J.R. Holton, C.B. Leovy: Middle Atmosphere Dynamics, Academic Press, 1987.
- Brasseur, G., S. Solomon: Aeronomy of the Middle Atmosphere, D. Reidel, 1986.

**Vergabe von Leistungspunkten** Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Anlage zur Prüfungsordnung.

### Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Referat (45 Min.) mit schriftlicher Ausarbeitung (4 Wochen), mit Wichtung: 1	
	Vorlesung "Dynamik der mittleren Atmosphäre" (2SWS)
	Übung "Dynamik der mittleren Atmosphäre" (1SWS)

## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-111-1030	Wahlpflicht

### Modultitel **T2-Nichtlineare Statistik**

**Modultitel (englisch)** Nonlinear Statistics

**Empfohlen für:** 1./3. Semester

**Verantwortlich** Direktor des Instituts für Meteorologie

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** jedes Wintersemester

**Lehrformen**

- Vorlesung "Nichtlineare Statistik" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 90 h
- Übung "Nichtlineare Statistik" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 60 h

**Arbeitsaufwand** 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit**

- M.Sc. Meteorologie
- Wahlmodul für den Wahlbereich in anderen Studiengängen

**Ziele**

Die Kenntnisse und Fertigkeiten der Studierenden auf dem Gebiet der Statistik werden gefestigt und ausgebaut. Die Studierenden

- wissen, wodurch Ungewissheiten in atmosphärischen Daten entstehen können,
- kennen die Grenzen linearer statistischer Methoden,
- sind mit nicht-linearen Ansätzen vertraut,
- sind mit Software zur statistischen Modellierung vertraut,
- sind in der Lage, selbständig die Parameter von linearen und nicht-linearen statistischen Modellen zu schätzen,
- kennen die Funktionsweise und Anwendungsmöglichkeiten von Neuronalen Netzwerken.

**Inhalt**

Grundlagen der Statistik (Quellen der Ungewissheit in atmosphärischen Daten, Quantifizierung von Ungewissheit, frequentistischer und Bayesscher Wahrscheinlichkeitsbegriff, Likelihood Funktion); Kenntnisse und Analysetechniken bei linearen Modellen (Regression, Bestimmtheitsmaß, Hypothesentests, Varianzanalyse); Verallgemeinerte Modelle und nicht-parametrische Modelle; Einführung in die Neuronalen Netzwerke (Perzeptron-Netze, Backpropagation Algorithmus) und deren Anwendungsmöglichkeiten. Die vermittelten Inhalte werden anhand praktischer Beispiele besprochen.

**Teilnahmevoraussetzungen** Grundlegende Kenntnisse und Fertigkeiten der Statistik sind von Nutzen

**Literaturangabe**

- Fahrmeir L, Hamerle A, Tutz G (Hrsg.): Multivariate statistische Verfahren, Walter de Gruyter, Berlin-New York, 1996.
- Rojas R: Theorie der neuronalen Netze, Springer-Verlag, New York, 1993.

**Vergabe von Leistungspunkten** Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Anlage zur Prüfungsordnung.



**Prüfungsleistungen und -vorleistungen**

<b>Modulprüfung: Referat (45 Min.) mit schriftlicher Ausarbeitung (4 Wochen), mit Wichtung: 1</b>	
	Vorlesung "Nichtlineare Statistik" (2SWS)
	Übung "Nichtlineare Statistik" (1SWS)

## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-111-1035	Wahlpflicht

<b>Modultitel</b>	<b>E1-Flugzeuggetragene Physikalische Messmethoden</b>
<b>Modultitel (englisch)</b>	Airborne Physical Measuring Methods
<b>Empfohlen für:</b>	1./3. Semester
<b>Verantwortlich</b>	Direktor des Instituts für Meteorologie
<b>Dauer</b>	1 Semester
<b>Modulturnus</b>	jedes Wintersemester
<b>Lehrformen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung "Flugzeuggetragene Physikalische Messmethoden" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 90 h</li> <li>• Praktikum "Flugzeuggetragene Physikalische Messmethoden" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 60 h</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)
<b>Verwendbarkeit</b>	• M.Sc. Meteorologie
<b>Ziele</b>	Grundlegende Methoden für Flugzeuggetragene Messungen von atmosphärischen Eigenschaften werden vermittelt. Die zu erwerbenden Kompetenzen beinhalten Kenntnisse über Messmethoden für meteorologische sowie mikrophysikalische Parameter und atmosphärische Strahlungsgrößen.
<b>Inhalt</b>	Messung grundlegender meteorologischer Parameter, Wolken- und Niederschlagsmessung, Aerosolmesssysteme, Flugzeuggetragene Strahlungsmessgeräte
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	keine
<b>Literaturangabe</b>	Ein grundlegendes Lehrbuch für die Vorlesung existiert nicht. Eine komplette Literaturliste wird am Anfang der Vorlesung ausgegeben.
<b>Vergabe von Leistungspunkten</b>	Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Anlage zur Prüfungsordnung.

### Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Protokoll zu Praktikumsversuchen (4 Wochen), mit Wichtung: 1	
	Vorlesung "Flugzeuggetragene Physikalische Messmethoden" (2SWS)
	Praktikum "Flugzeuggetragene Physikalische Messmethoden" (1SWS)

## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-111-1036	Wahlpflicht

<b>Modultitel</b>	<b>E2-Bodengebundene Fernerkundung der Atmosphäre</b>
<b>Modultitel (englisch)</b>	Groundbased Remote Sensing of the Atmosphere
<b>Empfohlen für:</b>	1./3. Semester
<b>Verantwortlich</b>	Direktor des Instituts für Meteorologie
<b>Dauer</b>	1 Semester
<b>Modulturnus</b>	jedes Wintersemester
<b>Lehrformen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung "Bodengebundene Fernerkundung der Atmosphäre" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 90 h</li> <li>• Praktikum "Passive Fernerkundung" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 60 h</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)
<b>Verwendbarkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M.Sc. Meteorologie</li> <li>• Wahlmodul für den Wahlbereich in anderen Studiengängen</li> </ul>
<b>Ziele</b>	Dieses Modul bietet einen Überblick über bodengebundene Fernerkundungsverfahren der Atmosphäre. Nach erfolgreicher Absolvierung sollen die Teilnehmer in der Lage sein, für bestimmte Messungen eine geeignete Kombination von Messgeräten zu wählen
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die bodengebundene Fernerkundung der Atmosphäre</li> <li>• Überblick über aktive und passive Verfahren mit Schwerpunkt Radar- und Mikrowellenfernerkundung sowie deren Einsatzbereiche</li> <li>• Vorteile und Limitierungen bestimmter Verfahren sowie mögliche technische und atmosphärische Fehlerquellen</li> <li>• Kombination verschiedener Messmethoden für möglichst gute Beschreibung des aktuellen atmosphärischen Zustands</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	keine
<b>Literaturangabe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stephens, G.: Remote Sensing of the Lower Atmosphere, 1994, Oxford University Press</li> <li>• Rinehart, R.E.: Radar for Meteorologists, 1997. Rinehart Publishing</li> <li>• Sharkov, E: Passive Microwave Remote Sensing of the Earth., 2004, Springer Verlag</li> </ul>
<b>Vergabe von Leistungspunkten</b>	Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Anlage zur Prüfungsordnung.

**Prüfungsleistungen und -vorleistungen**

<b>Modulprüfung: Mündliche Prüfung 30 Min., mit Wichtung: 1</b>	
<i>Prüfungsvorleistung: Praktikumsbericht (4 Wochen)</i>	
	Vorlesung "Bodengebundene Fernerkundung der Atmosphäre" (2SWS)
	Praktikum "Passive Fernerkundung" (1SWS)

## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-111-1037	Wahlpflicht

### Modultitel **E3-Hochatmosphäre**

**Modultitel (englisch)** Upper Atmosphere

**Empfohlen für:** 1./3. Semester

**Verantwortlich** Direktor des Instituts für Meteorologie

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** jedes Wintersemester

**Lehrformen**

- Vorlesung "Hochatmosphäre" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 90 h
- Praktikum "Hochatmosphärische Messungen" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 60 h

**Arbeitsaufwand** 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit**

- M.Sc. Meteorologie
- Wahlmodul für den Wahlbereich in anderen Studiengängen

**Ziele**

Nach erfolgreicher Teilnahme kennen die Studierenden

- den Aufbau der Hochatmosphäre
- die wesentlichen Prozesse in der hohen Atmosphäre
- die wichtigsten Messverfahren zur Gewinnung hochatmosphärischer Daten

**Inhalt**

Zusammensetzung und Dynamik der neutralen Thermosphäre, Aufbau der Ionosphäre und Plasmasphäre, Beschreibung des Magnetfeldes der Erde, Messverfahren für die neutrale und ionisierte Hochatmosphäre.

**Teilnahmevoraussetzungen** keine

**Literaturangabe**

- Prölls, G.W.: Physik des erdnahen Weltraums, Springer, 2001.
- Campbell, W.H.: Introduction to Geomagnetic Fields, Cambridge University Press, 1997.

**Vergabe von Leistungspunkten** Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Anlage zur Prüfungsordnung.

### Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Referat (45 Min.) mit schriftlicher Ausarbeitung (4 Wochen), mit Wichtung: 1	
	Vorlesung "Hochatmosphäre" (2SWS)
	Praktikum "Hochatmosphärische Messungen" (1SWS)

## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-111-1038	Wahlpflicht

<b>Modultitel</b>	<b>E4-Aktive Fernmessung in der Atmosphärenforschung</b>
<b>Modultitel (englisch)</b>	Active Remote Sensing in Atmospheric Sciences
<b>Empfohlen für:</b>	1./3. Semester
<b>Verantwortlich</b>	Direktor des Instituts für Meteorologie
<b>Dauer</b>	1 Semester
<b>Modulturnus</b>	jedes Wintersemester
<b>Lehrformen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung "Aktive Fernerkundung" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 90 h</li> <li>• Seminar "Aktive Fernerkundung" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 60 h</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)
<b>Verwendbarkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M.Sc. Meteorologie</li> <li>• Wahlmodul für den Wahlbereich in anderen Studiengängen</li> </ul>
<b>Ziele</b>	Grundlegendes Verständnis aktiver, bodengestützter Fernmessmethoden und entsprechender Geräte zur vertikal aufgelösten Bestimmung atmosphärischer Parameter und Bestandteile
<b>Inhalt</b>	Prinzipien der Fernmessung atmosphärischer Zustandsparameter, von Wolken und Aerosolen; Funktionsweise der Fernmessmethoden Lidar, Radar, Sodar, deren Kombinationen (z.B. RASS) und der in den Systemen enthaltenden optischen Messanordnungen; zugrundeliegende Theorien für die verschiedenen Messsysteme; Anwendung der Systeme in der modernen Forschung und in den Wetterdiensten; Vorstellung, Diskussion von Aufbauten und von Ergebnissen der aktiven, atmosphärischen Fernmessung
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	keine
<b>Literaturangabe</b>	<p>grundsätzlich empfohlen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Handbook of Optics, McGraw-Hill Publishing Company, New York, 2010, ISBN 0071701605/9780071701600.</li> <li>• Weitkamp, Claus (Ed.): Lidar Range-Resolved Optical Remote Sensing of the Atmosphere, Springer Series in Optical Sciences, Vol. 102, 2005, ISBN: 978-0-387-40075-4.</li> <li>• European Cooperation in Science and Technology: Integrated Ground-Based Remote-Sensing Stations for Atmospheric Profiling, COST Action 720, EUR 24172, ISBN 978-92-898-0050-1, doi:10.2831/10752</li> </ul>
<b>Vergabe von Leistungspunkten</b>	Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Anlage zur Prüfungsordnung.

**Prüfungsleistungen und -vorleistungen**

<b>Modulprüfung: Referat (45 Min.) mit schriftlicher Ausarbeitung (4 Wochen), mit Wichtung: 1</b>	
	Vorlesung "Aktive Fernerkundung" (2SWS)
	Seminar "Aktive Fernerkundung" (1SWS)

## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-111-1041	Wahlpflicht

### Modultitel **T8-Atmosphärische Spurenstoffe und ihre Modellierung**

**Modultitel (englisch)** Modelling of Atmospheric Trace Substances

**Empfohlen für:** 1./3. Semester

**Verantwortlich** Direktor des Instituts für Meteorologie

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** jedes Wintersemester

**Lehrformen**

- Vorlesung "Modellierung atmosphärischer Spurenstoffe" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 90 h
- Seminar "Modellierung atmosphärischer Spurenstoffe" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 60 h

**Arbeitsaufwand** 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit** • M.Sc. Meteorologie

**Ziele** Die Teilnehmenden erwerben ein Verständnis von Quellen, Senken und Ausbreitungsprozessen wichtiger atmosphärischer Spurenstoffe sowie deren Beschreibung in Transportmodellen für Anwendungen in Luftqualitäts- und Klimastudien.

**Inhalt** Atmosphärische Zusammensetzung, Skalen des atmosphärischen Transports, Wechselwirkung von Spurenstoffen mit Strahlung und Wolken, Grundlagen und Beispiele von Chemie-Transportmodellen.

**Teilnahmevoraussetzungen** keine

**Literaturangabe**

- Sportisse, B., 2008: Fundamentals in Air Pollution-From Processes to Modelling. Springer, Heidelberg.
- Seinfeld, J. H. und Pandis, S. N., 1998: Atmospheric Chemistry and Physics, From Air Pollution to Climate Change. New York: Wiley.

**Vergabe von Leistungspunkten** Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss der Module vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung

### Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Seminarvortrag (45 Min.) mit schriftlicher Ausarbeitung (4 Wochen), mit Wichtung: 1	
	Vorlesung "Modellierung atmosphärischer Spurenstoffe" (2SWS)
	Seminar "Modellierung atmosphärischer Spurenstoffe" (1SWS)



## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-111-1042	Wahlpflicht

### Modultitel **A6-Staub in der Atmosphäre**

**Modultitel (englisch)** Dust in the Atmosphere

**Empfohlen für:** 1./3. Semester

**Verantwortlich** Direktor des Instituts für Meteorologie

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** unregelmäßig

**Lehrformen**

- Vorlesung "Staub in der Atmosphäre" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 90 h
- Seminar "Staub in der Atmosphäre" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 60 h

**Arbeitsaufwand** 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit**

- M.Sc. Meteorologie

**Ziele**

Nach der aktiven Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage, die Grundlagen des atmosphärischen Staub-Lebenszyklus zu verstehen. Sie können dieses Wissen selbständig auf aktuelle Forschungsfragen aus der Staubbeforschung anwenden und resultierende Ergebnisse synthetisieren. Die Studierenden sind in der Lage, die erzielten Erkenntnisse zu bewerten und diese in Form einer wissenschaftlichen Arbeit sowohl schriftlich als auch mündlich darzustellen.

**Inhalt**

Die Vorlesung "Staub in der Atmosphäre" behandelt umfassend die Besonderheiten des atmosphärischen Staub-Lebenszyklus. Dies beinhaltet Staubquellen und Staubeintrag in die Grenzschicht, Staubtransport, und Depositionsprozesse. Im weiteren werden die Meteorologie der Wüstenregionen und Wechselwirkungen mit dem System Atmosphäre behandelt. Darüber hinaus werden Aspekte der gesellschaftlichen Relevanz der regionalen und globalen Mineralstaubverteilung diskutiert.

Im Seminar "Staub in der Atmosphäre" werden ausgewählte Fragestellungen zum atmosphärischen Staubkreislauf anhand von aktuellen Beobachtungen und numerischen Simulationen behandelt, und die Ergebnisse dargestellt sowie umfassen diskutiert.

**Teilnahmevoraussetzungen** keine

**Literaturangabe**

- T. Warner, Desert Meteorology, Cambridge Univ. Press, 2004
- P. Knippertz, J.-B. Stuut, Mineral Dust, Springer, 2014

**Vergabe von Leistungspunkten** Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Anlage zur Prüfungsordnung.

**Prüfungsleistungen und -vorleistungen**

<b>Modulprüfung: Referat (45 Min.) mit schriftlicher Ausarbeitung (4 Wochen), mit Wichtung: 1</b>	
	Vorlesung "Staub in der Atmosphäre" (2SWS)
	Seminar "Staub in der Atmosphäre" (1SWS)

## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-111-1020	Pflicht

### Modultitel **P3-Wetterbesprechung**

**Modultitel (englisch)** Weather Discussions

**Empfohlen für:** 2. Semester

**Verantwortlich** Direktor des Instituts für Meteorologie

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** jedes Sommersemester

**Lehrformen**

- Vorlesung "Wetterbesprechung" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 90 h
- Übung "Wetterbesprechung" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 60 h

**Arbeitsaufwand** 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit** • M.Sc. Meteorologie

**Ziele** Die Studierenden erlernen es, Wettervorhersagen auf der Grundlage von theoretischen Methoden und Verfahren zu erstellen und deren Qualität kritisch zu bewerten. Es wird die Präsentation von komplexen Ergebnissen geübt. Verfügbare Daten werden einer kritischen Bewertung unterzogen.

**Inhalt** Die Studierenden bereiten eine Wetterbesprechung vor und präsentieren diese. Die Prognosen und Vorhersageprodukte der numerischen Wettervorhersage werden dabei kritisch bewertet und dargestellt.

**Teilnahmevoraussetzungen** Teilnahme am Modul 12-111-1001 "P1-Dynamik und Synoptik"

**Literaturangabe**

- Kraus, H., 2004: Die Atmosphäre der Erde. 3. Auflage. Springer, Berlin, Heidelberg. 422 pp.
- Kurz, H., 1990: Synoptische Meteorologie. Leitfäden für die Ausbildung im Deutschen Wetterdienst, Nr. 8. 3. Auflage. Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach. 197 pp.

**Vergabe von Leistungspunkten** Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Anlage zur Prüfungsordnung.

### Prüfungsleistungen und -vorleistungen

<b>Modulprüfung: Präsentation (45 Min.), mit Wichtung: 1</b>	
<i>Prüfungsvorleistung: Wöchentlich abzugebende Wetterprognosen für verschiedene Orte. Für die Prognosen werden Punkte vergeben. Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung ist der Erwerb von 50% der möglichen Punkte des gesamten Semesters.</i>	
	Vorlesung "Wetterbesprechung" (2SWS)
	Übung "Wetterbesprechung" (1SWS)

# Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-111-1021	Pflicht

**Modultitel**                    **P4-Globale Klimadynamik**

**Modultitel (englisch)** Dynamics of the Global Climate System

**Empfohlen für:** 2. Semester

**Verantwortlich** Direktor des Instituts für Meteorologie

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** jedes Sommersemester

**Lehrformen**

- Vorlesung "Globale Klimadynamik" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 90 h
- Übung "Globale Klimadynamik" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 90 h

**Arbeitsaufwand** 6 LP = 180 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit** • M.Sc. Meteorologie

**Ziele** Fundiertes Verständnis wesentlicher Moden der groß- und mesoskaligen Zirkulation, der relevanten Prozesse, ihrer Beschreibung in Modellen und ihrer Beobachtung sowie ihrer Auswirkung auf Wetter und Klima

**Inhalt** Moden der großskaligen atmosphärischen Zirkulation, Moden großskaliger ozeanischer Zirkulation, Atmosphären-Ozean-Wechselwirkungen, Tropische Wirbelstürme, Organisierte Konvektion

**Teilnahmevoraussetzungen** keine

**Literaturangabe** Grundsätzlich empfohlen:

- Peixoto und Oort, Physics of Climate, Springer, 2007, 564 pp.
- Holton, An Introduction to Dynamic Meteorology, Elsevier Academic Press, 2004, 535 pp.
- Houze Jr., Cloud Dynamics, Elsevier Academic Press, 1993, 573 pp.

**Vergabe von Leistungspunkten** Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Anlage zur Prüfungsordnung.

**Prüfungsleistungen und -vorleistungen**

<b>Modulprüfung: Mündliche Prüfung 30 Min., mit Wichtung: 1</b>	
<i>Prüfungsvorleistung: Wöchentlich ausgegebene Hausaufgaben zu Fragen aus dem Bereich des Modulinhalts. Für die Lösung werden Punkte vergeben. Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung ist der Erwerb von 50% der möglichen Punkte des gesamten Semesters.</i>	
	Vorlesung "Globale Klimadynamik" (2SWS)
	Übung "Globale Klimadynamik" (2SWS)

## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-111-1027	Wahlpflicht

<b>Modultitel</b>	<b>A4-Klima der mittleren Atmosphäre</b>
<b>Modultitel (englisch)</b>	Climate of the Middle Atmosphere
<b>Empfohlen für:</b>	2. Semester
<b>Verantwortlich</b>	Direktor des Instituts für Meteorologie
<b>Dauer</b>	1 Semester
<b>Modulturnus</b>	jedes Sommersemester
<b>Lehrformen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung "Klima der mittleren Atmosphäre" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 90 h</li> <li>• Seminar "Spezielle Themen der mittleren Atmosphäre" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 60 h</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)
<b>Verwendbarkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M.Sc. Meteorologie</li> <li>• Wahlmodul für den Wahlbereich in anderen Studiengängen</li> </ul>
<b>Ziele</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme kennen die Studierenden die grundlegenden Prozesse und Phänomene in der mittleren Atmosphäre
<b>Inhalt</b>	Zusammensetzung, Aufbau und Dynamik der Stratosphäre, äquatoriale Stratosphäre, Klimatologie des stratosphärischen Polarwirbels, stratosphärisches Ozon, Kopplung Troposphäre-mittlere Atmosphäre, Trends und dekadische Variabilität der mittleren Atmosphäre
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	keine
<b>Literaturangabe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Andrews, D.G., J.R. Holton, C.B. Leovy: Middle Atmosphere Dynamics, Academic Press, 1987.</li> <li>• Brasseur, G., S. Solomon: Aeronomy of the Middle Atmosphere, D. Reidel, 1986.</li> </ul>
<b>Vergabe von Leistungspunkten</b>	Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Anlage zur Prüfungsordnung.

### Prüfungsleistungen und -vorleistungen

<b>Modulprüfung: Referat (45 Min.) mit schriftlicher Ausarbeitung (4 Wochen), mit Wichtung: 1</b>	
	Vorlesung "Klima der mittleren Atmosphäre" (2SWS)
	Seminar "Spezielle Themen der mittleren Atmosphäre" (1SWS)

## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-111-1028	Wahlpflicht

### Modultitel **A5-Wolkenphysik**

**Modultitel (englisch)** Cloud Physics

**Empfohlen für:** 2. Semester

**Verantwortlich** Direktor des Instituts für Meteorologie

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** jedes Sommersemester

**Lehrformen**

- Vorlesung "Wolkenphysik" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 90 h
- Übung "Wolkenphysik" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 60 h

**Arbeitsaufwand** 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit**

- M.Sc. Meteorologie
- Wahlmodul für den Wahlbereich in anderen Studiengängen

**Ziele** Grundlegendes Verständnis der fundamentalen dynamischen, thermodynamischen und mikrophysikalischen Wolkenprozesse in Theorie und Praxis

**Inhalt** Thermodynamik von Mehrphasen/Mehrkomponentensystemen, hygroskopisches Wachstum, Wolkentropfenaktivierung, dynamisches Wachstum durch Kondensation und Kollision / Koaleszenz, Wolkentropfengefrieren, Wolkendynamik

**Teilnahmevoraussetzungen** keine

**Literaturangabe**

- Pruppacher, H. R. und Klett, J. D., 1997. Microphysics of clouds and precipitation. Kluwer Academic Publishers.

**Vergabe von Leistungspunkten** Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Anlage zur Prüfungsordnung.

### Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Klausur 60 Min., mit Wichtung: 1	
	Vorlesung "Wolkenphysik" (2SWS)
	Übung "Wolkenphysik" (1SWS)

## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-111-1031	Wahlpflicht

<b>Modultitel</b>	<b>T3-Mesoskalige Modellierung</b>
<b>Modultitel (englisch)</b>	Mesoscale Modelling
<b>Empfohlen für:</b>	2. Semester
<b>Verantwortlich</b>	Direktor des Instituts für Meteorologie
<b>Dauer</b>	1 Semester
<b>Modulturnus</b>	jedes Sommersemester
<b>Lehrformen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung "Grundlagen mesoskaliger Modelle" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 90 h</li> <li>• Praktikum "Mesoskalige Modelle" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 60 h</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)
<b>Verwendbarkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M.Sc. Meteorologie</li> <li>• Wahlmodul für den Wahlbereich in anderen Studiengängen</li> </ul>
<b>Ziele</b>	Dieses Modul vermittelt fortgeschrittene Methoden der numerischen Meteorologie, Verständnis und Programmierung von numerischen Modellen verschiedener Komplexität, Grundkenntnisse von mesoskaligen Strömungs- und Chemie-Transport-Modellen
<b>Inhalt</b>	Grundgleichungen zur Luftbewegung und des atmosphärischen Transports, Koordinatensysteme, Approximationen und Parametrisierungen, moderne numerische Lösungsverfahren, Parametrisierung physikalischer Prozesse wie Turbulenz und Strahlung, Beschreibung wolkenphysikalischer, aerosoldynamischer und chemischer Multiphasenprozesse, Emission und Deposition von Luftschadstoffen, klimarelevanten Gasen und Partikeln.
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	keine
<b>Literaturangabe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pielke, R.S.: Mesoscale Meteorological Modeling, Academic Press, 2002.</li> <li>• Durran, D.: Numerical methods, Springer, 1999</li> </ul>
<b>Vergabe von Leistungspunkten</b>	Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Anlage zur Prüfungsordnung.

### Prüfungsleistungen und -vorleistungen

<b>Modulprüfung: Klausur 60 Min., mit Wichtung: 1</b>	
	Vorlesung "Grundlagen mesoskaliger Modelle" (2SWS)
	Praktikum "Mesoskalige Modelle" (1SWS)

## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-111-1032	Wahlpflicht

### Modultitel T4-Streuung und Atmosphärische Optik

**Modultitel (englisch)** Atmospheric Optics and Scattering Theory

**Empfohlen für:** 2. Semester

**Verantwortlich** Direktor des Instituts für Meteorologie

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** jedes Sommersemester

**Lehrformen**

- Vorlesung "Streuung und Atmosphärische Optik" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 90 h
- Seminar "Angewandte Streutheorie" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 60 h

**Arbeitsaufwand** 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit**

- M.Sc. Meteorologie
- Wahlmodul für den Wahlbereich in anderen Studiengängen

**Ziele** Grundlegendes Verständnis der Optik der Atmosphäre, vertieftes Verständnis verschiedener Streutheorien zur Beschreibung der Wechselwirkung von Licht mit (atmosphärischen) Partikeln, Gewinnung fachübergreifender Fähigkeiten und Kenntnisse zur Anwendung von Streutheorien

**Inhalt** Entstehung, Ausbreitung und Wahrnehmung von Licht; Gesamtheit der optischen Erscheinungen in der Atmosphäre, Himmels- und Wolkenfarben; Grundprinzipien der Streutheorie, Mie- und Rayleighstreuung, Streutheorien für nichtsphärische Streuer, Anwendungen in der atmosphärischen Optik

**Teilnahmevoraussetzungen** keine

**Literaturangabe**

- Bohren, C.F., D.R. Huffman: Absorption and Scattering of Light by Small Particles, John Wiley & Sons, 1998
- Mishchenko, M.I., Hovenier, J.W., Travis, L.D., Light Scattering by Nonspherical Particles, Academic Press, 2000.

**Vergabe von Leistungspunkten** Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Anlage zur Prüfungsordnung.

### Prüfungsleistungen und -vorleistungen

**Modulprüfung: Referat (45 Min.) mit praktischer Demonstration und schriftlicher Zusammenfassung (4 Wochen), mit Wichtung: 1**

Vorlesung "Streuung und Atmosphärische Optik" (2SWS)
Seminar "Angewandte Streutheorie" (1SWS)



## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-111-1033	Wahlpflicht

### Modultitel T5-Terrestrische Strahlungsübertragung

**Modultitel (englisch)** Terrestrial Radiative Transfer

**Empfohlen für:** 2. Semester

**Verantwortlich** Direktor des Instituts für Meteorologie

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** jedes Sommersemester

**Lehrformen**

- Vorlesung "Terrestrische Strahlungsübertragung" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 90 h
- Übung "Terrestrische Strahlungsübertragung" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 60 h

**Arbeitsaufwand** 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit** • M.Sc. Meteorologie

**Ziele** Es soll ein vertieftes Verständnis der atmosphärisch terrestrischen Strahlungsübertragung vermittelt werden. Einige der behandelten Konzepte haben einen hohen Abstraktionsgrad, wodurch das abstrakte Denken gefördert werden soll.

**Inhalt** Terrestrische Strahlungsübertragungsgleichung, Spektrale terrestrische Strahldichten, Absorption und Emission durch atmosphärische Gase, breitbandige terrestrische Strahlungsübertragung in der Atmosphäre

**Teilnahmevoraussetzungen** Teilnahme am Modul 12-111-1036 "P2-Atmosphärische Strahlung"

**Literaturangabe**

- Goody, R.M., and Y.L. Yung, 1989: Atmospheric radiation – Theoretical Basis. Oxford University Press, 519 pp.
- Houghton, J.T., and S.D. Smith, 1966: Infrared Physics. Oxford University Press, 319 pp.

**Vergabe von Leistungspunkten** Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Anlage zur Prüfungsordnung.

### Prüfungsleistungen und -vorleistungen

**Modulprüfung: Klausur 90 Min., mit Wichtung: 1**

*Prüfungsvorleistung: Wöchentlich ausgegebene Hausaufgaben zu Fragen aus dem Bereich des Modulinhalts. Für die Lösung werden Punkte vergeben. Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung ist der Erwerb von 50% der möglichen Punkte des gesamten Semesters.*

	Vorlesung "Terrestrische Strahlungsübertragung" (2SWS)
	Übung "Terrestrische Strahlungsübertragung" (1SWS)

## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-111-1034	Wahlpflicht

### Modultitel T6-Datenassimilation

**Modultitel (englisch)** Data Assimilation

**Empfohlen für:** 2. Semester

**Verantwortlich** Direktor des Instituts für Meteorologie

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** jedes Sommersemester

**Lehrformen**

- Vorlesung "Datenassimilation" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 30 h Selbststudium = 60 h
- Praktikum "Datenassimilation" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 75 h Selbststudium = 90 h

**Arbeitsaufwand** 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit** • M.Sc. Meteorologie

**Ziele** Die Teilnehmenden werden auf die Anwendung und (Weiter-)entwicklung von Datenassimilation in Wetter- und Klimavorhersage vorbereitet, indem sie grundlegendes Verständnis der Methodik, aber auch den praktischen Umgang mit einfachen Beispiel-Anwendungen erlernen.

**Inhalt** Kombination von Modellierung und Beobachtung, Vorwärtsoperatoren für Fernerkundung, Nudging, Variationelle Methoden, Kalmanfilter, Stochastische Parametrisierung

Teilnahme am Modul 12-111-1026 "A3-Numerische Wettervorhersage und Klimamodellierung" wird empfohlen.

**Teilnahmevoraussetzungen** keine

**Literaturangabe** Grundsätzlich empfohlen:

- Evensen, Data Assimilation, Springer, 2009, 307pp.
- Kalnay, Atmospheric Modeling, Data Assmilation and Predictability, Cambridge University Press, 2003, 341 pp.

**Vergabe von Leistungspunkten** Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Anlage zur Prüfungsordnung.

### Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Praktikumsbericht (Bearbeitungszeit: 4 Wochen) und Referat (45 Min.), mit Wichtung: 1	
	Vorlesung "Datenassimilation" (2SWS)
	Praktikum "Datenassimilation" (1SWS)

## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-111-1039	Wahlpflicht

### Modultitel **E5-Satellitenfernerkundung**

**Modultitel (englisch)** Spaceborne Remote Sensing

**Empfohlen für:** 2. Semester

**Verantwortlich** Direktor des Instituts für Meteorologie

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** jedes Sommersemester

**Lehrformen**

- Vorlesung "Satellitenfernerkundung" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 90 h
- Übung "Satellitenfernerkundung" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 60 h

**Arbeitsaufwand** 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit**

- M.Sc. Meteorologie
- Wahlmodul für den Wahlbereich in anderen Studiengängen

**Ziele** Grundlegendes Verständnis der Verfahren zur Ableitung von atmosphärischen Parametern aus reflektierter Solar- und emittierter Wärmestrahlung am Oberrand der Atmosphäre

**Inhalt** Prinzipien der Fernerkundung, Anwendung in angrenzenden Forschungsfeldern, Satellitenorbits, Zusammenfassung Strahlungstransporttheorie und Lösungsverfahren, Vertikalsondierung im thermischen Spektralbereich, Wolken- und Aerosoleigenschaften aus spektralen und räumlichen Mustern, Radar- und Lidarfernerkundung vom Weltraum.

**Teilnahmevoraussetzungen** keine

**Literaturangabe** • SQ Kidder and TH Vonder Haar: Satellite Meteorology, Academic Press 1995

**Vergabe von Leistungspunkten** Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Anlage zur Prüfungsordnung.

### Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Klausur 60 Min., mit Wichtung: 1	
	Vorlesung "Satellitenfernerkundung" (2SWS)
	Übung "Satellitenfernerkundung" (1SWS)

## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-111-1040	Wahlpflicht

### Modultitel **T7-Strahlungstransfer Labor**

**Modultitel (englisch)** Lab for Radiative Transfer

**Empfohlen für:** 2. Semester

**Verantwortlich** Direktor des Instituts für Meteorologie

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** jedes Sommersemester

**Lehrformen**

- Vorlesung "Strahlungstransfer Labor" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 60 h
- Praktikum "Strahlungstransfer Labor" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 60 h Selbststudium = 90 h

**Arbeitsaufwand** 5 LP = 150 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit** • M.Sc. Meteorologie

**Ziele** Es werden Wissensinhalte und Fertigkeiten in der Modellierung des atmosphärischen Strahlungstransfers vermittelt. Das Arbeiten mit dem Computer (Linux, ZIP-Pool) und Programmierung (Fortran) sind wesentliche Bestandteile des Moduls.

**Inhalt** Modellatmosphären, Berechnung der Absorptions- und (differentiellen) Streueigenschaften von Partikeln, Behandlung der Gasabsorption, numerische Experimente mit Zweistrom- und Mehrstrommodellen, Bestimmung des Temperaturprofils als inverses Problem.

**Teilnahmevoraussetzungen** Teilnahme am Modul 12-111-1036 "P2-Atmosphärische Strahlung"

**Literaturangabe**

- Doicu, A., Trautmann, T., and Schreier, F. 2010.: Numerical Regularization for Atmospheric Inverse Problems. Springer Praxis Books in Environmental Sciences. Springer-Verlag and Praxis Publishing, Heidelberg 426 pp.
- Liou, K.-N., 2002: An Introduction to Atmospheric Radiation, 2nd Edition, Academic Press, New York, 583 pp., 2002
- Zdunkowski, W., T. Trautmann, and A. Bott, 2007: Radiation in the Atmosphere. A Course in Theoretical Meteorology. Cambridge University Press, Cambridge, New York, 482 pp., 2007.

**Vergabe von Leistungspunkten** Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Anlage zur Prüfungsordnung.

**Prüfungsleistungen und -vorleistungen**

<b>Modulprüfung: Klausur 60 Min., mit Wichtung: 1</b>	
<i>Prüfungsvorleistung: Praktikumsprotokolle</i>	
	Vorlesung "Strahlungstransfer Labor" (1SWS)
	Praktikum "Strahlungstransfer Labor" (2SWS)

## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-111-1022	Pflicht

### Modultitel **P5-Meteorologische Forschung**

**Modultitel (englisch)** Current Research in Meteorology

**Empfohlen für:** 3. Semester

**Verantwortlich** Direktor des Instituts für Meteorologie

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** jedes Wintersemester

**Lehrformen**

- Vorlesung "Aktuelle meteorologische Forschungsthemen" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 60 h
- Seminar "Meteorologische Forschung" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 210 h Selbststudium = 240 h

**Arbeitsaufwand** 10 LP = 300 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit**

- M.Sc. Meteorologie
- Wahlmodul für den Wahlbereich in anderen Studiengängen

**Ziele**

Die Studierenden

- erlernen, über die im bisherigen Studium erworbenen Fähigkeiten hinaus, die effektive und umfassende Literaturrecherche zu einem speziellen Gebiet der Meteorologie,
- gewinnen Spezialkenntnisse auf einem Forschungsgebiet, die dem internationalen Forschungsstand entsprechen.

**Inhalt**

Methoden der Literaturarbeit. Einarbeitung in den Forschungsstand auf einem Spezialgebiet. Das Seminar umfasst auch die Teilnahme an wissenschaftlichen Diskussionen zum Spezialgebiet innerhalb einer Arbeitsgruppe des Instituts für Meteorologie und seiner Forschungspartner.

Teilnahme an den Modulen 12-111-1001, 12-111-1019, 12-111-1020, 12-111-1021 wird empfohlen.

**Teilnahmevoraussetzungen** keine

**Literaturangabe** keine

**Vergabe von Leistungspunkten** Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Anlage zur Prüfungsordnung.

### Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Referat, mit Wichtung: 1	
	Vorlesung "Aktuelle meteorologische Forschungsthemen" (1SWS)
	Seminar "Meteorologische Forschung" (2SWS)

## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-111-1023	Pflicht

### Modultitel **P6-Meteorologische Arbeitsmethoden**

**Modultitel (englisch)** Scientific Working in Meteorology

**Empfohlen für:** 3. Semester

**Verantwortlich** Direktor des Instituts für Meteorologie

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** jedes Wintersemester

**Lehrformen**

- Vorlesung "Meteorologische Arbeitsmethoden" (1 SWS) = 15 h Präsenzzeit und 45 h Selbststudium = 60 h
- Seminar "Meteorologische Methoden" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 210 h Selbststudium = 240 h

**Arbeitsaufwand** 10 LP = 300 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit**

- M.Sc. Meteorologie
- Wahlmodul für den Wahlbereich in anderen Studiengängen

**Ziele**

Die Studierenden

- gewinnen die Fähigkeit, sich effektiv und umfassend in die Arbeitsmethoden eines meteorologischen Forschungsgebietes einzuarbeiten,
- gewinnen Kenntnisse über die experimentellen und theoretisch-mathematischen Methoden, die dem internationalen Forschungsstand entsprechen.

**Inhalt**

Übersicht über experimentelle und theoretische Arbeitsmethoden in der Meteorologie. Einarbeitung in die Methoden eines Spezialgebiets. Das Seminar umfasst auch die intensive Auseinandersetzung mit den Methoden und die Teilnahme an wissenschaftlichen Diskussionen zum Spezialgebiet innerhalb einer Arbeitsgruppe des Instituts für Meteorologie und seiner Forschungspartner.

Teilnahme an den Modulen 12-111-1001, 12-111-1019, 12-111-1020, 12-111-1021 wird empfohlen.

**Teilnahmevoraussetzungen** keine

**Literaturangabe** keine

**Vergabe von Leistungspunkten** Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss des Moduls vergeben. Näheres regelt die Anlage zur Prüfungsordnung.

### Prüfungsleistungen und -vorleistungen

Modulprüfung: Schriftliche Ausarbeitung (Bearbeitungszeit 12 Wochen), mit Wichtung: 1	
	Vorlesung "Meteorologische Arbeitsmethoden" (1SWS)
	Seminar "Meteorologische Methoden" (2SWS)

## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-BEP3	Wahlpflicht

<b>Modultitel</b>	<b>Experimentalphysik 3 - Atome &amp; Quantenphänomene</b>
<b>Modultitel (englisch)</b>	Experimental Physics 3 - Atoms and Quantum Phenomena
<b>Empfohlen für:</b>	3. Semester
<b>Verantwortlich</b>	Direktoren/innen der Institute für Experimentelle Physik I und II
<b>Dauer</b>	1 Semester
<b>Modulturnus</b>	jedes Wintersemester
<b>Lehrformen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung "Experimentalphysik 3 - Atome &amp; Quantenphänomene" (4 SWS) = 60 h Präsenzzeit und 100 h Selbststudium = 160 h</li> <li>• Übung "Experimentalphysik 3 - Atome &amp; Quantenphänomene" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 50 h Selbststudium = 80 h</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	8 LP = 240 Arbeitsstunden (Workload)
<b>Verwendbarkeit</b>	- B.Sc. Physik
<b>Ziele</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kennen die grundlegenden Begriffe, Phänomene und Konzepte aus der Quantenmechanik, Atomaufbau und Quantenstatistik;</li> <li>- sind in der Lage, Aufgaben aus diesen Bereichen selbstständig zu lösen;</li> <li>- können die erworbenen Kenntnisse bei typischen Experimenten und Problemstellungen anwenden.</li> </ul>
<b>Inhalt</b>	<p>Experimentelle Grundlagen der Quantenstatistik:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Photoeffekt, Schwarzkörperstrahlung, Photonengas, Plancksches Strahlungsgesetz Rutherford-Streuung, Bohrsches Atommodell, Welle-Teilchen-Dualismus.</li> </ul> <p>Einführung in die Quantenmechanik:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wellenfunktion, Schrödinger-Gleichung, Quantenzustände, Potentialtopf, Tunneleffekt, Korrespondenzprinzip, Unschärferelation.</li> </ul> <p>Das Wasserstoffatom:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Spektrallinien, Schrödinger-Gleichung, Orbitale, Kugelflächenfunktionen, Drehimpulsquantisierung.</li> </ul> <p>Atome mit mehreren Elektronen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Spin und Stern-Gerlach-Versuch, Pauli-Prinzip, Hund'sche Regeln, Systematik des Atombaus, Periodensystem, Atome in äußeren Feldern, Zeeman-Effekt, Paschen-Back-Effekt, Stark-Effekt, optische Übergänge, Auswahlregeln.</li> </ul> <p>Grundlagen der Quantenstatistik:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Boltzmann-, Fermi-Dirac-, Bose-Einstein-Statistik, Bose-Einstein-Kondensation, Superfluidität, ultrakalte Quantengase.</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	keine
<b>Literaturangabe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Demtröder "Atome, Moleküle, Festkörper" Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009</li> <li>- Haken, Wolf "Atom- und Quantenphysik: Einführung in die experimentellen und theoretischen Grundlagen" Springer 2004</li> <li>- Alonso, Finn "Physics" Oklenbourg 2000</li> </ul>



- C.J. Foot "Atomic Physics", Oxford Master Series 2005

**Vergabe von Leistungspunkten**

Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss der Module vergeben.  
Näheres regelt die Prüfungsordnung

**Prüfungsleistungen und -vorleistungen**

<b>Modulprüfung: Klausur 180 Min., mit Wichtung: 1</b>	
<i>Prüfungsvorleistung: Wöchentlich ausgegebene Übungsaufgaben zu Fragen aus dem Bereich des Modulinhalts. Für die Lösung werden Punkte vergeben. Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung ist der Erwerb von 50% der möglichen Punkte des gesamten Semesters.</i>	
	Vorlesung "Experimentalphysik 3 - Atome & Quantenphänomene" (4SWS)
	Übung "Experimentalphysik 3 - Atome & Quantenphänomene" (2SWS)

## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-BEP5	Wahlpflicht

### Modultitel **Experimentalphysik 5 - Festkörperphysik**

**Modultitel (englisch)** Experimental Physics 5 - Solid State Physics

**Empfohlen für:** 3. Semester

**Verantwortlich** Direktoren/innen der Institute für Experimentelle Physik I und II

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** jedes Wintersemester

**Lehrformen**

- Vorlesung "Experimentalphysik 5 - Festkörperphysik" (4 SWS) = 60 h Präsenzzeit und 100 h Selbststudium = 160 h
- Übung "Experimentalphysik 5 - Festkörperphysik" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 50 h Selbststudium = 80 h

**Arbeitsaufwand** 8 LP = 240 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit** - B.Sc. Physik

**Ziele**

Die Studierenden

- kennen die grundlegenden Begriffe, Phänomene und Konzepte der Festkörperphysik;
- sind in der Lage, Aufgaben aus diesen Bereichen selbstständig zu lösen;
- können die erworbenen Kenntnisse bei typischen Experimenten und Problemstellungen anwenden.

**Inhalt**

Drude-Modell:

- Freies Elektronengas, Hall-Effekt, Frequenzabhängige Leitfähigkeit. Optische Eigenschaften.

Kristalle:

- Chemische Bindungen in Festkörpern. Kristallstrukturen. Bravaisgitter und Reziprokes Gitter. Beugungsmethoden.

Gitterschwingungen:

- Klassische und Quantentheorie des Harmonischen Gitters. Phononen. Zustandsdichte. Thermische Eigenschaften. Elastische Konstanten. Spektroskopie Methoden.

Leitungselektronen in Festkörpern:

- Blochsches Theorem. Quasi-freie Elektronen Modell. Bändermodell. Tight-Binding Modell. Elektrische und Thermische Eigenschaften. Magnetotransport-Phänomene. Grundlagen der Halbleiterphysik und Supraleitung.

**Teilnahmevoraussetzungen** keine

**Literaturangabe**

- C. Kittel: Introduction to Solid State Physics (Wiley)
- J. Sólyom: Fundamentals of the Physics of Solids (Vol. 1 and 2) (Springer)
- S. Hunklinger: Festkörperphysik (Springer)
- G. Grosso and G. P. Parravicini: Solid State Physics (Academic Press)
- Ashcroft and Mermin: Solid State Physics (Holt-Saunders Int. Ed.)
- Ibach and Lüth: Solid-State Physics (Springer)
- Duan and Guojun, Introduction to Condensed Matter Physics Vol. 1 (World

Scientific)

**Vergabe von Leistungspunkten**

Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss der Module vergeben.  
Näheres regelt die Prüfungsordnung

**Prüfungsleistungen und -vorleistungen**

<b>Modulprüfung: Mündliche Prüfung 30 Min., mit Wichtung: 1</b>	
<i>Prüfungsvorleistung: Wöchentlich ausgegebene Übungsaufgaben zu Fragen aus dem Bereich des Modulinhalts. Für die Lösung werden Punkte vergeben. Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung ist der Erwerb von 50% der möglichen Punkte des gesamten Semesters.</i>	
	Vorlesung "Experimentalphysik 5 - Festkörperphysik" (4SWS)
	Übung "Experimentalphysik 5 - Festkörperphysik" (2SWS)

## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-BTP1	Wahlpflicht

<b>Modultitel</b>	<b>Theoretische Physik 1 - Theoretische Mechanik</b>
<b>Modultitel (englisch)</b>	Theoretical Physics 1 - Classical Mechanics
<b>Empfohlen für:</b>	3. Semester
<b>Verantwortlich</b>	Direktor/in des Instituts für Theoretische Physik
<b>Dauer</b>	1 Semester
<b>Modulturnus</b>	jedes Wintersemester
<b>Lehrformen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung "Theoretische Physik 1 - Theoretische Mechanik" (4 SWS) = 60 h Präsenzzeit und 100 h Selbststudium = 160 h</li> <li>• Übung "Theoretische Physik 1 - Theoretische Mechanik" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 50 h Selbststudium = 80 h</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand</b>	8 LP = 240 Arbeitsstunden (Workload)
<b>Verwendbarkeit</b>	- B.Sc. Physik
<b>Ziele</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kennen grundlegende Prinzipien und Formalismen der Mechanik;</li> <li>- gewinnen einen ersten Einblick in die systematisierende Denkweise und formale Beschreibung von physikalischen Inhalten;</li> <li>- erfassen dieses Herangehen als für den Aufbau physikalischer Theorien wesentlich;</li> <li>- werden auf die Quantenmechanik und Statistische Physik vorbereitet.</li> </ul>
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Newtonsche Mechanik (Newtonsche Axiome, Nichtinertialsysteme, Erhaltungssätze, Keplerproblem, Mechanik der Massepunkte und starren Körper, kleine Schwingungen)</li> <li>- Lagrange-Methoden (Zwangsbedingungen, Lagrange-Gleichungen 1. und 2. Art, Noether-Theorem, Hamiltonsches Prinzip)</li> <li>- Hamiltonsche Mechanik (Hamiltonsche Gleichungen, kanonische Transformationen, Hamilton-Jacobi-Gleichung, integrable Systeme)</li> </ul>
<b>Teilnahmevoraussetzungen</b>	keine
<b>Literaturangabe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- J. Hohnerkamp, H. Römer: "Theoretical Physics: A Classical Approach", Springer, 1993</li> <li>- H. Goldstein, C.P. Poole, J. Safko: "Classical Mechanics", Wiley, 2006</li> </ul>
<b>Vergabe von Leistungspunkten</b>	Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss der Module vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung

**Prüfungsleistungen und -vorleistungen****Modulprüfung: Klausur 180 Min., mit Wichtung: 1**

*Prüfungsvorleistung: Wöchentlich ausgegebene Übungsaufgaben zu Fragen aus dem Bereich des Modulinhalts. Für die Lösung werden Punkte vergeben. Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung ist der Erwerb von 50% der möglichen Punkte des gesamten Semesters.*

Vorlesung "Theoretische Physik 1 - Theoretische Mechanik"  
(4SWS)

Übung "Theoretische Physik 1 - Theoretische Mechanik" (2SWS)

## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-BTP3	Wahlpflicht

### Modultitel Theoretische Physik 3 - Statistische Physik

**Modultitel (englisch)** Theoretical Physics 3 - Statistical Physics

**Empfohlen für:** 3. Semester

**Verantwortlich** Direktor/in des Instituts für Theoretische Physik

**Dauer** 1 Semester

**Modulturnus** jedes Wintersemester

**Lehrformen**

- Vorlesung "Theoretische Physik 3 - Statistische Physik" (4 SWS) = 60 h Präsenzzeit und 100 h Selbststudium = 160 h
- Übung "Theoretische Physik 3 - Statistische Physik" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 50 h Selbststudium = 80 h

**Arbeitsaufwand** 8 LP = 240 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit** - B.Sc. Physik

**Ziele**

Die Studierenden

- kennen die grundlegenden Begriffe der statistischen Physik von klassischen und Quantensystemen im thermodynamischen Gleichgewicht;
- können damit einfache relevante Sachverhalte bearbeiten.

**Inhalt**

- Begriffe und Hauptsätze der Thermodynamik, thermodynamische Potentiale, Gleichgewichtsbedingungen, ideale und reale Gase, Phasenübergänge
- Grundgedanken der kinetischen Gastheorie, statistische Mechanik des Gleichgewichts, klassische und Quantensysteme, Näherungsmethoden
- Einführung in die Quantenstatistik

**Teilnahmevoraussetzungen** keine

**Literaturangabe**

- F. Schwabl, "Statistische Mechanik", Springer, 2006
- M. Kardar, "Statistical Mechanics of Particles", Cambridge University Press, 2007

**Vergabe von Leistungspunkten** Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss der Module vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung

### Prüfungsleistungen und -vorleistungen

**Modulprüfung: Klausur 180 Min., mit Wichtung: 1**

*Prüfungsvorleistung: Wöchentlich ausgegebene Übungsaufgaben zu Fragen aus dem Bereich des Modulinhalts. Für die Lösung werden Punkte vergeben. Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung ist der Erwerb von 50% der möglichen Punkte des gesamten Semesters.*

	Vorlesung "Theoretische Physik 3 - Statistische Physik" (4SWS)
	Übung "Theoretische Physik 3 - Statistische Physik" (2SWS)

## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-BEP4	Wahlpflicht

**Modultitel**                      **Experimentalphysik 4 - komplexe Quantensysteme: Molekül-, Kern-, Teilchenphysik**

**Modultitel (englisch)**    Experimental Physics 4 - Complex Quantum Systems: Molecular, Nuclear and Particle Physics

**Empfohlen für:**                      4. Semester

**Verantwortlich**                      Direktoren/innen der Institute für Experimentelle Physik I und II

**Dauer**                                      1 Semester

**Modulturnus**                            jedes Sommersemester

**Lehrformen**                            • Vorlesung "Experimentalphysik 4 - komplexe Quantensysteme: Molekül-, Kern-, Teilchenphysik" (4 SWS) = 60 h Präsenzzeit und 100 h Selbststudium = 160 h  
 • Übung "Experimentalphysik 4 - komplexe Quantensysteme: Molekül-, Kern-, Teilchenphysik" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 50 h Selbststudium = 80 h

**Arbeitsaufwand**                      8 LP = 240 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit**                      - B.Sc. Physik

**Ziele**                                      Die Studierenden  
 - kennen die grundlegenden Begriffe, Phänomene und Konzepte der Molekülphysik, Kernphysik und Elementarteilchenphysik;  
 - sind in der Lage, Aufgaben aus diesen Bereichen selbstständig zu lösen;  
 - können die erworbenen Kenntnisse bei typischen Experimenten und Problemstellungen anwenden.

**Inhalt**                                      Molekülphysik:  
 - Theorie der chemischen Bindung. Adiabatische Näherung. Orbitale (LCAO). Rotations- und Schwingungsspektroskopie (Raman, Brillouin). Franck-Condon-Prinzip.  
 Kernphysik:  
 - Kerneigenschaften, Kernkräfte und Kernstrukturmodelle. Kernreaktionen und -zerfälle  
 Elementarteilchenphysik:  
 - Elementarteilchen, Prozesse, Symmetrien. Beschleuniger und Nachweismethoden. Starke, Elektromagnetische, Schwache Wechselwirkung.

**Teilnahmevoraussetzungen**                      keine

**Literaturangabe**                      - Demtröder "Atome, Moleküle, Festkörper" Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009  
 - Haken, Wolf "Moleküle und Quantenchemie" Springer Berlin Heidelberg 2006  
 - Haken, Wolf "Molecular Physics and Elements of Quantum Chemistry" Springer 2010  
 - Haken, Wolf "Atom- und Quantenphysik" Springer Berlin Heidelberg 2004

**Vergabe von Leistungspunkten**                      Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss der Module vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung

**Prüfungsleistungen und -vorleistungen****Modulprüfung: Klausur 180 Min., mit Wichtung: 1**

*Prüfungsvorleistung: Wöchentlich ausgegebene Übungsaufgaben zu Fragen aus dem Bereich des Modulinhalts. Für die Lösung werden Punkte vergeben. Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung ist der Erwerb von 50% der möglichen Punkte des gesamten Semesters.*

Vorlesung "Experimentalphysik 4 - komplexe Quantensysteme:  
Molekül-, Kern-, Teilchenphysik" (4SWS)

Übung "Experimentalphysik 4 - komplexe Quantensysteme:  
Molekül-, Kern-, Teilchenphysik" (2SWS)



## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-BTP2	Wahlpflicht

### Modultitel                    Theoretische Physik 2 - Quantenmechanik

**Modultitel (englisch)**    Theoretical Physics 2 - Quantum Mechanics

**Empfohlen für:**            4. Semester

**Verantwortlich**            Direktor/in des Instituts für Theoretische Physik

**Dauer**                        1 Semester

**Modulturnus**                jedes Sommersemester

**Lehrformen**                • Vorlesung "Theoretische Physik 2 - Quantenmechanik" (4 SWS) = 60 h Präsenzzeit und 100 h Selbststudium = 160 h  
 • Übung "Theoretische Physik 2 - Quantenmechanik" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 50 h Selbststudium = 80 h

**Arbeitsaufwand**            8 LP = 240 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit**            - B.Sc. Physik

**Ziele**                         Die Studierenden  
 - erfassen die Grundbegriffe zur Beschreibung von physikalischen Systemen in der Quantenmechanik;  
 - kennen das Konzept und den formalen Apparat der Quantenmechanik sowie typische Anwendungsbereiche;  
 - können damit relevante einfache Sachverhalte bearbeiten.

**Inhalt**                        - Elementare Phänomene, Schrödingergleichung, Superpositionsprinzip, Zustände im Hilbertraum  
 - Observable, Operatoren im Hilbertraum, Erwartungswert, Spektrum, Streuung, Zeitentwicklung, Unschärferelation  
 - Eindimensionale Probleme  
 - Theorie des Drehimpuls, Spin  
 - Zentralpotentiale, Einführung in Streutheorie und Störungstheorie

**Teilnahmevoraussetzungen**    keine

**Literaturangabe**            - A. Messiah: "Quantum Mechanics", Dover, 1999  
 - F. Schwabl: "Quantenmechanik", Springer, 2008

**Vergabe von Leistungspunkten**    Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss der Module vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung

**Prüfungsleistungen und -vorleistungen****Modulprüfung: Klausur 180 Min., mit Wichtung: 1**

*Prüfungsvorleistung: Wöchentlich ausgegebene Übungsaufgaben zu Fragen aus dem Bereich des Modulinhalts. Für die Lösung werden Punkte vergeben. Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung ist der Erwerb von 50% der möglichen Punkte des gesamten Semesters.*

	Vorlesung "Theoretische Physik 2 - Quantenmechanik" (4SWS)
	Übung "Theoretische Physik 2 - Quantenmechanik" (2SWS)

## Master of Science Meteorologie

Akademischer Grad	Modulnummer	Modulform
Master of Science	12-PHY-BTP4	Wahlpflicht

**Modultitel**                    **Theoretische Physik 4 - Elektrodynamik & klassische Feldtheorie**

**Modultitel (englisch)**    Theoretical Physics 4 - Electrodynamics and Classical Field Theory

**Empfohlen für:**            4. Semester

**Verantwortlich**            Direktor/in des Instituts für Theoretische Physik

**Dauer**                        1 Semester

**Modulturnus**                jedes Sommersemester

**Lehrformen**                • Vorlesung "Theoretische Physik 4 - Elektrodynamik & klassische Feldtheorie" (4 SWS) = 60 h Präsenzzeit und 100 h Selbststudium = 160 h  
 • Übung "Theoretische Physik 4 - Elektrodynamik & klassische Feldtheorie" (2 SWS) = 30 h Präsenzzeit und 50 h Selbststudium = 80 h

**Arbeitsaufwand**            8 LP = 240 Arbeitsstunden (Workload)

**Verwendbarkeit**            - B.Sc. Physik

**Ziele**                         Die Studierenden  
 - kennen die Konzepte der klassischen Elektrodynamik und können sie auf relevante Sachverhalte anwenden;  
 - erkennen die Stellung der Elektrodynamik im Gesamtgebäude der Physik;  
 - kennen feldtheoretische Konzepte und Methoden anderer Bereiche der Physik.

**Inhalt**                        - Spezielle Relativitätstheorie, Maxwellsche Gleichungen, Erhaltungssätze  
 - Elektrostatik und Magnetostatik im Vakuum und in Medien, Induktionsgesetz und quasistationäre Ströme  
 - elektromagnetische Wellen im Vakuum und in Medien, Feld bewegter Ladungen, Strahlung  
 - Grundzüge klassischer Feldtheorien (auch aus anderen Bereichen der Physik)

**Teilnahmevoraussetzungen**    keine

**Literaturangabe**            - J.D. Jackson "Classical Electrodynamics", Wiley

**Vergabe von Leistungspunkten**    Leistungspunkte werden mit erfolgreichem Abschluss der Module vergeben. Näheres regelt die Prüfungsordnung

**Prüfungsleistungen und -vorleistungen****Modulprüfung: Klausur 180 Min., mit Wichtung: 1**

*Prüfungsvorleistung: Wöchentlich ausgegebene Übungsaufgaben zu Fragen aus dem Bereich des Modulinhalts. Für die Lösung werden Punkte vergeben. Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung ist der Erwerb von 50% der möglichen Punkte des gesamten Semesters.*

Vorlesung "Theoretische Physik 4 - Elektrodynamik & klassische Feldtheorie" (4SWS)

Übung "Theoretische Physik 4 - Elektrodynamik & klassische Feldtheorie" (2SWS)