

# Modulhandbuch

## Masterstudiengang

### „Physik der Erde und Atmosphäre“

#### Inhaltsverzeichnis

Prognostische Modellierung.....	2
Dynamik der Atmosphäre.....	4
Physik poröser Medien.....	6
Statistische Datenanalyse in den Geowissenschaften.....	8
Klimadynamik.....	10
Radarpolarimetrie.....	12
Tektonophysik.....	14
Elektrische Bildgebung.....	16
Inverse Modellierung.....	18
Allgemeine Hydrodynamik.....	20
Geodynamik.....	22
Spezielle Themen aus der Theoretischen Synoptik.....	24
Landoberflächenprozesse.....	26
Hydrogeophysik.....	28
Freier Wahlpflichtbereich.....	30
Entwicklung von Spezialkompetenzen.....	32
Methoden, Forschungsorientierung und Projektplanung.....	34
Masterarbeit.....	36

## Prognostische Modellierung

UNIVERSITÄT  **BONN**

Modulnummer <b>pea700</b>	Workload <b>180 h</b>	Umfang <b>6 LP</b>	Dauer Modul <b>1 Semester</b>	Turnus <b>jährlich im WS</b>
Modulbeauftragter	Prof. Dr. Stefan Kollet			
Anbietende Lehrereinheit(en)	Meteorologie und Geophysik			
Beteiligte Dozenten	Kollet			
Verwendbarkeit des Moduls	Studiengang	Modus		Studiensemester
	MSc. Physik der Erde und Atmosphäre	Pflicht		1. od. 2. Semester
Lernziele	Überblick über gängige numerische Verfahren und deren Eigenschaften zur Verwendung in geophysikalisch-meteorologischen Fragestellungen, Verständnis der Leistungsfähigkeit, Grenzen und Interpretation der Ergebnisse, Sicherer Umgang mit den Methoden der numerischen Mathematik.			
Schlüsselkompetenzen	Programmierfähigkeiten, Einhaltung von Programmierstandards, Umgang mit Soft- und Hardware.			
Inhalte	Grundlagen meteorologischer und geophysikalischer prognostischer Modellierung.  Aktuell übliche numerische Verfahren und Parametrisierungen physikalischer Prozesse in geophysikalischen und meteorologischen Prognosemodellen.  Numerische Modellierung von Weltraumplasmen.			
Teilnahme- voraussetzungen	keine			

## Prognostische Modellierung

Veranstaltungen	Lehrform, Thema (Gruppengröße)	SWS	Workload [h]	LP
648107000 - WS	Vorlesung Prognostische Modellierung (30)	2	60	2
	Übung Prognostische Modellierung (30)	2	120	4
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch			
Prüfungsnummer	Prüfungen			
648207000	Projektarbeit	benotet		6
Studienleistungen				
u.a. als Zulassungsvoraussetzung zur Modulprüfung	Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben			
Sonstiges	<b>Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Haltiner, J. and R. T. Williams, 1980: Numerical Prediction and Dynamic Meteorology</li> <li>• Fletcher, C. A. J., 1991: Computational Techniques for Fluid Dynamics. Springer-Verlag, 2nd Edition</li> </ul>			

## Dynamik der Atmosphäre

UNIVERSITÄT  **BONN**

Modulnummer <b>pea710</b>	Workload <b>180 h</b>	Umfang <b>6 LP</b>	Dauer Modul <b>1 Semester</b>	Turnus <b>jährlich im WS</b>
Modulbeauftragter	Prof. Dr. Lisa Schielicke			
Anbietende Lehrereinheit(en)	Meteorologie und Geophysik			
Beteiligte Dozenten	Schielicke			
Verwendbarkeit des Moduls	Studiengang	Modus	Studiensemester	
	MSc. Physik der Erde und Atmosphäre	Pflicht bei Schwerpunkt Meteorologie	1. od. 2. Semester	
Lernziele	Beschreibung des hydrodynamischen Gleichungssystems in beliebigen Koordinatensystemen, Verständnis barotroper Vorgänge, Verständnis der Wirkungsweise barokliner Antriebe.			
Schlüsselkompetenzen	Mathematisch-physikalische Darstellung der hydrodynamischen Gleichungen, Anwendung auf unterschiedliche atmosphärische Situationen, Verständnis der Wirkungsweise barokliner Antriebsterme			
Inhalte	Das barotrope Modell, Untersuchungen zur dynamischen Stabilität, ko- und kontravariante Darstellungen der Bewegungsgleichungen in unterschiedlichen Koordinatensystemen, quasigeostrophische Theorie, barokline Instabilität.			
Teilnahme- voraussetzungen	mug530 aus dem Bachelorstudiengang „Meteorologie und Geophysik“ empfohlen			

## Dynamik der Atmosphäre

Veranstaltungen	Lehrform, Thema (Gruppengröße)	SWS	Workload [h]	LP
648107100 - WS	Vorlesung Dynamik der Atmosphäre (30)	2	60	2
	Übung Dynamik der Atmosphäre (30)	2	120	4
Unterrichtssprache	Deutsch			
Prüfungsnummer	Prüfungen			
648207100	Klausur (90 min.)	benotet		6
Studienleistungen				
u.a. als Zulassungsvoraussetzung zur Modulprüfung	keine			
Sonstiges	<b>Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zdankowski, W., and A. Bott, 2003: Dynamics of the Atmosphere. A Course in Theoretical Meteorology. Cambridge University Press, Cambridge, New York, 738 pp.</li> <li>• J.Pedlosky, Geophysical Fluid Dynamics</li> </ul>			

## Physik poröser Medien

UNIVERSITÄT  **BONN**

Modulnummer <b>pea720</b>	Workload <b>180 h</b>	Umfang <b>6 LP</b>	Dauer Modul <b>1 Semester</b>	Turnus <b>jährlich im WS</b>
Modulbeauftragter	Prof. Dr. Andreas Kemna			
Anbietende Lehrinheit(en)	Meteorologie und Geophysik			
Beteiligte Dozenten	Kemna			
Verwendbarkeit des Moduls	Studiengang	Modus	Studiensemester	
	MSc. Physik der Erde und Atmosphäre  MSc. Geologie MSc. Geochemie/Petrologie	Pflicht bei Schwerpunkt Geophysik  fachüber- greifende Wahlpflicht	1. od. 2. Semester   1., 2. od. 3. Semester	
Lernziele	Kenntnis der theoretischen Grundlagen der physikalischen Struktur- und Prozessbeschreibung für poröse Medien, Überblick über die Nutzung physikalischer Gesteinseigenschaften zur Charakterisierung hydrogeologischer Strukturen und Prozesse.			
Schlüsselkompetenzen	Verständnis der makroskopischen hydraulischen und elektrischen Eigenschaften von Gesteinen und ihres Zusammenhangs mit Textur, Mineralogie und Porenfluideigenschaften.			
Inhalte	Physikalische Größen zur Beschreibung der Textur poröser Medien (Porosität, innere Oberfläche, Poren-/Korngrößenverteilung), hydrodynamische Porenraummodelle und Zusammenhang mit Darcy-Gesetz, Kapillarität in porösen Medien, Wasserretentionskurve und ungesättigte hydraulische Leitfähigkeit, elektrische Doppelschicht an geladenen Mineraloberflächen, Gouy-Chapman-Theorie, elektrische Leitungs- und Polarisationsmechanismen in Gesteinen, elektrische Relaxationsmodelle (Debye, Cole-Cole) im Zeit- und Frequenzbereich, gekoppelte Transportprozesse, Strömungspotential und elektrokinetischer Kopplungskoeffizient, Anwendungen zur hydrogeologischen Charakterisierung.			
Teilnahme- voraussetzungen	keine			

## Physik poröser Medien

Veranstaltungen	Lehrform, Thema (Gruppengröße)	SWS	Workload [h]	LP
648107200 - WS	Vorlesung Physik poröser Medien (30)	2	60	2
	Übung Physik poröser Medien (30)	2	120	4
Unterrichtssprache	Deutsch			
Prüfungsnummer	Prüfungen			
648207200	Klausur (90 min.)	benotet		6
Studienleistungen				
u.a. als Zulassungsvoraussetzung zur Modulprüfung	Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben			
Sonstiges	<b>Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guéguen, Y., und Palciauskas, V., Introduction to the Physics of Rocks, Princeton Univ. Press, 1994.</li> <li>• Roth, K., Soil Physics, Lecture Notes, Universität Heidelberg, 2012.</li> <li>• Schön, J.H., Physical Properties of Rocks – A Workbook, Handbook of Petroleum Exploration and Production, 8, Elsevier, 2011.</li> </ul>			

## Statistische Datenanalyse in den Geowissenschaften



UNIVERSITÄT **BONN**

Modulnummer <b>pea731</b>	Workload <b>180 h</b>	Umfang <b>6 LP</b>	Dauer Modul <b>1 Semester</b>	Turnus <b>jährlich im WS</b>
Modulbeauftragter	PD Dr. Petra Friederichs			
Anbietende Lehrereinheit(en)	Meteorologie und Geophysik			
Beteiligte Dozenten	Friederichs			
Verwendbarkeit des Moduls	Studiengang		Modus	Studiensemester
	MSc. Physik der Erde und Atmosphäre		Wahlpflicht	1. od. 2. Semester
Lernziele	Einführung der multivariaten Statistics, der Geostatistik und Zeitreihenanalyse zur statistischen Datenanalyse in den Geowissenschaften.			
Schlüsselkompetenzen	Fähigkeit zur Anwendung statistischer Methoden zur Erlangung belastbarer Erkenntnisse aus der Analyse von Beobachtungen und Modellsimulation in den Geowissenschaften.			
Inhalte	Multivariate Normalverteilung, prinzipale Komponentenanalyse, Informationskomprimierung, Hypothesentests, stochastische Prozesse in Raum und Zeit, inverse Modellierung, Spektralanalyse, Geostatistik und Zeitreihenanalyse.			
Teilnahme- voraussetzungen	keine			



## Statistische Datenanalyse in den Geowissenschaften

Veranstaltungen	Lehrform, Thema (Gruppengröße)	SWS	Workload [h]	LP
648107310 - WS	Vorlesung Statistische Datenanalyse in den Geowissenschaften (30)	2	60	2
	Übung Statistische Datenanalyse in den Geowissenschaften (30)	2	120	4
Unterrichtssprache	Deutsch			
Prüfungsnummer	Prüfungen			
648207310	Klausur (90 min.)	benotet		6
Studienleistungen				
u.a. als Zulassungsvoraussetzung zur Modulprüfung	keine			
Sonstiges				

## Klimadynamik

UNIVERSITÄT  **BONN**

Modulnummer <b>pea732</b>	Workload <b>180 h</b>	Umfang <b>6 LP</b>	Dauer Modul <b>1 Semester</b>	Turnus <b>jährlich im WS</b>
Modulbeauftragter	Prof. Dr. Leonie Esters			
Anbietende Lehrereinheit(en)	Meteorologie und Geophysik			
Beteiligte Dozenten	Esters			
Verwendbarkeit des Moduls	Studiengang	Modus	Studiensemester	
	MSc. Physik der Erde und Atmosphäre	Wahlpflicht	1. od. 2. Semester	
Lernziele	Physikalisches Verständnis wichtiger Klimaprozesse.			
Schlüsselkompetenzen	Überblick über klassische und moderne Verfahren in der Klimamodellierung, Teamfähigkeit, Präsentationsfähigkeit.			
Inhalte	Physikalisch-chemische Prinzipien der Klimamodellierung, Erhaltungsgleichungen und Kreisläufe, Hierarchie der Klimamodelle, numerische Methoden in der Klimamodellierung, prognostische und diagnostische Energie- und Wasserbilanzbetrachtungen.			
Teilnahme- voraussetzungen	keine			

## Klimadynamik

Veranstaltungen	Lehrform, Thema (Gruppengröße)	SWS	Workload [h]	LP
648107320 - WS	Vorlesung Klimadynamik (30)	2	60	2
	Übung Klimadynamik (30)	2	120	4
Unterrichtssprache	Deutsch			
Prüfungsnummer	Prüfungen			
648207320	Mündliche Prüfung	benotet		6
Studienleistungen				
u.a. als Zulassungsvoraussetzung zur Modulprüfung	keine			
Sonstiges	<p><b>Literatur:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trenberth, K. (Ed.): Climate System Modeling, Cambridge University Press, 2. Aufl. (1995)</li> <li>• Monin, A.S.: An Introduction to the Theory of Climate. D. Reidel Publishing Company</li> <li>• Morrison, D.F., Multivariate Statistical Methods, McGraw Hill Series in Probability and Statistics</li> <li>• Anderson, T.W., An Introduction to Multivariate Statistical Analysis, 2nd Edition, J. Wiley &amp; Sons</li> <li>• Ausgearbeitetes Skript</li> </ul>			

## Radarpolarimetrie

UNIVERSITÄT  **BONN**

Modulnummer <b>pea733</b>	Workload <b>180 h</b>	Umfang <b>6 LP</b>	Dauer Modul <b>1 Semester</b>	Turnus <b>jährlich im SS</b>
Modulbeauftragter	PD Dr. Silke Trömel			
Anbietende Lehrereinheit(en)	Meteorologie und Geophysik			
Beteiligte Dozenten	Trömel			
Verwendbarkeit des Moduls	Studiengang	Modus	Studiensemester	
	MSc. Physik der Erde und Atmosphäre	Wahlpflicht	1. od. 2. Semester	
Lernziele	Verständnis der Funktionsweise polarimetrischer Wetterradare und Informationsgehalt polarimetrischer Radarvariablen.			
Schlüsselkompetenzen	Überblick über den Mehrgewinn polarimetrischer gegenüber konventioneller Wetterradare und deren Anwendung in der Meteorologie.			
Inhalte	Prozessierungstechniken und Analysen polarimetrischer Radarmessungen inklusive Kalibration, Dämpfungskorrektur, mikrophysikalische Retrieval, Niederschlagsprozess-Signaturen und die Verwendung von Radarmessungen für die Evaluation numerischer Modelle.			
Teilnahme- voraussetzungen	keine			

## Radarpolarimetrie

Veranstaltungen	Lehrform, Thema (Gruppengröße)	SWS	Workload [h]	LP
648107330 - WS	Vorlesung Radarpolarimetrie (30)	2	60	2
	Übung Radarpolarimetrie (30)	2	120	4
Unterrichtssprache	Deutsch			
Prüfungsnummer	Prüfungen			
648207330	Hausarbeit	benotet		6
Studienleistungen				
u.a. als Zulassungsvoraussetzung zur Modulprüfung	keine			
Sonstiges				

# Tektonophysik

UNIVERSITÄT  **BONN**

Modulnummer <b>pea734</b>	Workload <b>180 h</b>	Umfang <b>6 LP</b>	Dauer Modul <b>1 Semester</b>	Turnus <b>jährlich im WS</b>
Modulbeauftragter	Dr. Anna Zoporowski			
Anbietende Lehrinheit(en)	Meteorologie und Geophysik			
Beteiligte Dozenten	Zoporowski			
Verwendbarkeit des Moduls	Studiengang	Modus	Studiensemester	
	MSc. Physik der Erde und Atmosphäre MSc. Geologie MSc. Geochemie/Petrologie	Wahlpflicht fachüber- greifende Wahlpflicht	1. od. 2. Semester 1., 2. od. 3. Semester	
Lernziele	Verständnis der Physik der festen Erde, der mechanischen und dynamischen Eigenschaften der Lithosphäre und der entsprechenden Theorien, Prozesse und Modelle.			
Schlüsselkompetenzen	Verständnis lithosphärischer Eigenschaften und der daraus resultierenden Prozesse, physikalische Beschreibung der Phänomene und ihrer Zusammenhänge.			
Inhalte	Mechanische Struktur und Kinematik und Verformung der ozeanischen und kontinentalen Lithosphäre, Rheologie, Elastizität, Plastische Verformung, Bruchmechanik, Reibung, Mechanik und Thermodynamik von Störungszonen, Seismotektonik, Subduktionszonen, Struktur, thermischer Zustand der Kruste und des oberen Mantels, Wechselwirkungen zwischen Lithosphäre und Asthenosphäre, Erdbebenphysik, Seismologie, vulkanische Prozesse.			
Teilnahme- voraussetzungen	keine			

## Tektonophysik

Veranstaltungen	Lehrform, Thema (Gruppengröße)	SWS	Workload [h]	LP
648107340 - WS	Vorlesung Tektonophysik (30)	2	60	2
	Übung Tektonophysik (30)	2	120	4
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch			
Prüfungsnummer	Prüfungen			
648107340	Klausur (90 min.)	benotet		6
Studienleistungen				
u.a. als Zulassungsvoraussetzung zur Modulprüfung	keine			
Sonstiges	<b>Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fowler, C.M.R., The Solid Earth, Second Edition , Cambridge Univ. Press, 2005</li> <li>• Turcotte, D.L., Schubert, G., Geodynamics, Third Edition Cambridge Univ. Press, 2014.</li> <li>• Shearer, P.M., Introduction to Seismology, Second Edition, Cambridge University Press, 2009</li> </ul>			

## Elektrische Bildgebung

UNIVERSITÄT  **BONN**

Modulnummer <b>pea735</b>	Workload <b>180 h</b>	Umfang <b>6 LP</b>	Dauer Modul <b>1 Semester</b>	Turnus <b>jährlich im WS</b>
Modulbeauftragter	Prof. Dr. Andreas Kemna			
Anbietende Lehrereinheit(en)	Meteorologie und Geophysik			
Beteiligte Dozenten	Kemna			
Verwendbarkeit des Moduls	Studiengang		Modus	Studiensemester
	MSc. Physik der Erde und Atmosphäre		Wahlpflicht	1. od. 2. Semester
Lernziele	Kenntnis der theoretischen Grundlagen bildgebender geoelektrischer Verfahren.			
Schlüsselkompetenzen	Verständnis der Sensitivitäts- und Auflösungs-eigenschaften geoelektrischer bildgebender Verfahren.			
Inhalte	Geoelektrisches Vorwärtsproblem in 2D, 2.5D und 3D, Wellenzahltransformation, Grundlagen der Finite-Elemente-Modellierung, Singularity Removal, Begriff der Sensitivität, Sensitivitätsberechnung, Reziprozitätsprinzip, Theorem von Geselowitz, nichtlineares Inversionsproblem, Regularisierung, Glättungsmatrix, Elektrische Widerstandstomographie (ERT), Elektrische Impedanztomographie (EIT), Cauchy-Riemann-Bedingungen, Daten- und Modellfehler, Bewertung von elektrischen Tomogrammen, spektrale Elektrische Impedanztomographie (sEIT), Berücksichtigung von Anisotropie, Inversion der Stromquellen von Eigenpotentialfeldern, Anwendungsbeispiele.			
Teilnahme- voraussetzungen	keine			



## Elektrische Bildgebung

Veranstaltungen	Lehrform, Thema (Gruppengröße)	SWS	Workload [h]	LP
648107350 - WS	Vorlesung Elektrische Bildgebung (30)	2	60	2
	Übung Elektrische Bildgebung (30)	2	120	4
Unterrichtssprache	Deutsch			
Prüfungsnummer	Prüfungen			
648107350	Mündliche Prüfung	benotet		6
Studienleistungen				
u.a. als Zulassungsvoraussetzung zur Modulprüfung	Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben			
Sonstiges	<b>Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aster, R.C., Borchers, B., und Thurber, C.H., Parameter Estimation and Inverse Problems, Elsevier, 2005.</li> <li>• Holder, D.S., Electrical Impedance Tomography – Methods, History and Applications, CRC Press, 2004.</li> <li>• Rubin, Y., und Hubbard, S.S. (Hrsg.), Hydrogeophysics, Springer, 2005.</li> </ul>			

## Inverse Modellierung

UNIVERSITÄT  **BONN**

Modulnummer <b>pea800</b>	Workload <b>180 h</b>	Umfang <b>6 LP</b>	Dauer Modul <b>1 Semester</b>	Turnus <b>jährlich im SS</b>
Modulbeauftragter	Prof. Dr. Andreas Kemna			
Anbietende Lehrereinheit(en)	Meteorologie und Geophysik			
Beteiligte Dozenten	Kemna, Friederichs			
Verwendbarkeit des Moduls	Studiengang		Modus	Studiensemester
	MSc. Physik der Erde und Atmosphäre		Pflicht	1. od. 2. Semester
Lernziele	Verständnis von Inversionsverfahren bei der Ermittlung von Modellparameterwerten aus Messdaten und deren Anwendung in Geophysik und Meteorologie zur Erkundung des Untergrundes bzw. der Atmosphäre.			
Schlüsselkompetenzen	Mathematische Grundlagen der inversen Modellierung linearer und nichtlinearer Probleme in deterministischer und stochastischer Formulierung.			
Inhalte	Grundlagen inverser Probleme in Geophysik und Meteorologie, deterministische Ansätze zur Lösung linearer Inversionsprobleme, Methode der kleinsten Fehlerquadrate, unterbestimmte Inversionsprobleme, Dämpfung und Regularisierung von Inversionsproblemen, generalisierte Inverse, Singulärwertzerlegung, nichtlineare Inversionsprobleme, Gauß-Newton-Verfahren, Marquardt-Levenberg-Verfahren, stochastische Ansätze zur Lösung von Inversionsproblemen, Regression und Bayes-Theorem, Datenassimilation, Kalman-Filter, adjungierte und Tangenten-lineare Modelle, Anwendungen (geoelektrische Bildgebung, Fernerkundung atmosphärischer Temperatur und Feuchte).			
Teilnahmevoraussetzungen	keine			

## Inverse Modellierung

Veranstaltungen	Lehrform, Thema (Gruppengröße)	SWS	Workload [h]	LP
648108000 - SS	Vorlesung Inverse Modellierung (30)	2	60	2
	Übung Inverse Modellierung (30)	2	120	4
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch			
Prüfungsnummer	Prüfungen			
648208000	Klausur (90 min.)	benotet		6
Studienleistungen				
u.a. als Zulassungsvoraussetzung zur Modulprüfung	Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben			
Sonstiges	<b>Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aster, R.C., Borchers, B., und Thurber, C.H., Parameter estimation and inverse problems, Elsevier, 2005.</li> <li>• Rodgers, C.D., Inverse methods for atmospheric sounding: Theory and practice. World Scientific, 2000.</li> <li>• Kalnay, E., Atmospheric modeling, data assimilation and predictability, Cambridge Univ. Press, 2003.</li> </ul>			

# Allgemeine Hydrodynamik

UNIVERSITÄT  **BONN**

Modulnummer <b>pea810</b>	Workload <b>180 h</b>	Umfang <b>6 LP</b>	Dauer Modul <b>1 Semester</b>	Turnus <b>jährlich im SS</b>
Modulbeauftragter	Prof. Dr. Lisa Schielicke			
Anbietende Lehrereinheit(en)	Meteorologie und Geophysik			
Beteiligte Dozenten	Schielicke			
Verwendbarkeit des Moduls	Studiengang		Modus	Studiensemester
	MSc. Physik der Erde und Atmosphäre		Pflicht bei Schwerpunkt Meteorologie	1. od. 2. Semester
Lernziele	Überblick über die Dynamik der Atmosphäre auf unterschiedlichen Skalen, Bedeutung von Erhaltungsgrößen, Systemverständnis für die Dynamik der Atmosphäre.			
Schlüsselkompetenzen	Mathematisch-physikalische Darstellung der hydrodynamischen Gleichungen, Umgang mit numerischen Verfahren der Fluidodynamik, korrekte Interpretation von Simulationsergebnissen, Teamfähigkeit.			
Inhalte	Hierarchie der Bewegungsgleichungen der atmosphärischen Dynamik, Erhaltungsgrößen, Skalen und Störungstheorie, Hierarchie der linearen Wellenprozesse in der Atmosphäre, barokline und barotrope Instabilitäten von Rossbywellen. Lineare Rossbywellendynamik, Umgang mit einem einfachen globalen, atmosphärischen Zirkulationsmodell (PUMA), Galerkinverfahren für lineare hydrodyn. Gleichungssysteme auf der Kugel.			
Teilnahme- voraussetzungen	keine			

## Allgemeine Hydrodynamik

Veranstaltungen	Lehrform, Thema (Gruppengröße)	SWS	Workload [h]	LP
648108100 - SS	Vorlesung Allgemeine Hydrodynamik (30)	2	60	2
	Übung Allgemeine Hydrodynamik (30)	2	120	4
Unterrichtssprache	Deutsch			
Prüfungsnummer	Prüfungen			
648208100	Mündliche Prüfung	benotet		6
Studienleistungen				
u.a. als Zulassungsvoraussetzung zur Modulprüfung	keine			
Sonstiges	<b>Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• J. Pedlosky, Geophysical Fluid Dynamics</li> <li>• Zdunkowski, Bott (2004): Thermodynamics of the Atmosphere: A Course in Theoretical Meteorology</li> <li>• G.J. Haltiner &amp; R.T. Williams, Numerical Prediction and Dynamic Meteorology</li> <li>• Ausgearbeitetes Skript</li> </ul>			

# Geodynamik

UNIVERSITÄT  **BONN**

Modulnummer <b>pea820</b>	Workload <b>180 h</b>	Umfang <b>6 LP</b>	Dauer Modul <b>1 Semester</b>	Turnus <b>jährlich im SS</b>
Modulbeauftragter	Dr. Anna Zoporowski			
Anbietende Lehrinheit(en)	Meteorologie und Geophysik			
Beteiligte Dozenten	Zoporowski			
Verwendbarkeit des Moduls	Studiengang	Modus		Studiensemester
	MSc. Physik der Erde und Atmosphäre  MSc. Geologie MSc. Geochemie/Petrologie	Pflicht bei Schwerpunkt Geophysik  fachübergreifen de Wahlpflicht		1. od. 2. Semester  1., 2. od. 3. Semester
Lernziele	Verständnis der physikalischen Grundlagen, die den dynamischen Prozessen der Erde zugrunde liegen, sowie entsprechender Modelle.			
Schlüsselkompetenzen	Selbstständiges Bearbeiten geodynamischer Probleme, wissenschaftliche Analysefähigkeit.			
Inhalte	Wärmetransport, Wärmeflüsse, Geothermen, Mantelkonvektion, Mantle Plumes, Phasenübergänge, Struktur, Zusammensetzung und thermischer Zustand der Lithosphäre und des Mantels und deren Entwicklung in verschiedenen Zeitskalen, Fluidmechanik, Magnetohydrodynamik, Elastizität, Biegung, Subduktion.			
Teilnahme- voraussetzungen	keine			

## Geodynamik

Veranstaltungen	Lehrform, Thema (Gruppengröße)	SWS	Workload [h]	LP
648108200 - SS	Vorlesung Geodynamik (30)	1	30	1
	Übung Geodynamik (30)	2	120	4
	Seminar Geodynamik (30)	1	30	1
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch			
Prüfungsnummer	Prüfungen			
648208200	Klausur (90 min.)	benotet		6
Studienleistungen				
u.a. als Zulassungsvoraussetzung zur Modulprüfung	Seminarvortrag			
Sonstiges	<b>Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Turcotte, D.L., Schubert, G., Geodynamics, Cambridge Univ. Press, 3. Auflage, 2014.</li> <li>• Davies, G.F., Dynamic Earth, Plates, Plumes and Mantle Convection. Cambridge, Univ. Press, 2005.</li> <li>• Schubert, G., Turcotte, D.L., Olson, P., Mantle Convection in the Earth and Planets, Cambridge Univ. Press, 2004.</li> <li>• Batchelor, G.K., Moffatt, H.K., Worster, M.G. (eds.), Perspectives in Fluid Dynamics, Cambridge Univ. Press, 2003.</li> </ul>			

## Spezielle Themen aus der Theoretischen Synoptik

UNIVERSITÄT  **BONN**

Modulnummer <b>pea831</b>	Workload <b>180 h</b>	Umfang <b>6 LP</b>	Dauer Modul <b>1 Semester</b>	Turnus <b>jährlich im SS</b>
Modulbeauftragter	Prof. Dr. Lisa Schielicke			
Anbietende Lehrereinheit(en)	Meteorologie und Geophysik			
Beteiligte Dozenten	Schielicke			
Verwendbarkeit des Moduls	Studiengang	Modus		Studiensemester
	MSc. Physik der Erde und Atmosphäre	Wahlpflicht		1. od. 2. Semester
Lernziele	Beschreibung atmosphärischer Stabilitätszustände, Verständnis der Wirkungsweise barokliner Antriebe, Verständnis zyklonogenetischer Prozesse und Antriebe, barokline Querkirkulation an Fronten und Frontalzonen.			
Schlüsselkompetenzen	Mathematisch-physikalische Darstellung der hydrodynamischen Gleichungen, Anwendung auf unterschiedliche atmosphärische Situationen, Verständnis der Wirkungsweise barokliner Antriebsterme auf unterschiedlichen Skalen.			
Inhalte	Stabilitätsuntersuchungen in der Atmosphäre, Partikelinstabilität, Welleninstabilität, das quasigeostrophische Modell, das semigeostrophische Modell, Q-Vektoranalyse, isentrope potentielle Vorticity (PV), barokline Instabilität aus der PV-Perspektive, Zwei-Schichtenmodell, Zyklonogenese aus der PV-Perspektive, Fronten und Frontalzonen aus der PV-Perspektive, Sawyer-Eliassen Zirkulation.			
Teilnahme- voraussetzungen	mug510 aus dem Bachelorstudiengang „Meteorologie und Geophysik“ empfohlen			



## Spezielle Themen aus der Theoretischen Synoptik

Veranstaltungen	Lehrform, Thema (Gruppengröße)	SWS	Workload [h]	LP
648108310 - SS	Vorlesung Spezielle Themen aus der Theoretischen Synoptik (30)	2	60	2
	Übung Spezielle Themen aus der Theoretischen Synoptik (30)	2	120	4
Unterrichtssprache	Deutsch			
Prüfungsnummer	Prüfungen			
648208310	Klausur (90 min.)	benotet	6	
Studienleistungen				
u.a. als Zulassungsvoraussetzung zur Modulprüfung	keine			
Sonstiges	<b>Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bott, A., 2016: Synoptische Meteorologie: Methoden der Wetteranalyse und -prognose. Zweite Auflage. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 534 pp. DOI: 10.1007/978-3-662-48195-0.</li> </ul>			

## Landoberflächenprozesse

UNIVERSITÄT  **BONN**

Modulnummer <b>pea832</b>	Workload <b>180 h</b>	Umfang <b>6 LP</b>	Dauer Modul <b>1 Semester</b>	Turnus <b>zweijährlich im WS</b>
Modulbeauftragter	Prof. Dr. Stefan Kollet			
Anbietende Lehrereinheit(en)	Meteorologie und Geophysik			
Beteiligte Dozenten	Kollet			
Verwendbarkeit des Moduls	Studiengang	Modus	Studiensemester	
	MSc. Physik der Erde und Atmosphäre	Wahlpflicht	1. od. 2. Semester	
Lernziele	Vertiefte Kenntnisse über Wechselwirkungen von Kontinentalflächen mit der Atmosphäre über den Austausch von Impuls, Energie und Stoffen einschließlich der inhärenten Skalenproblematik.			
Schlüsselkompetenzen	Die Studenten sind in der Lage sogenannte SVAT (Soil-Vegetation-Atmosphäre-Transfer)-Modelle in ihren physikalischen Grundlagen zu verstehen, sie zu bedienen und ihre Ausgaben zu interpretieren.			
Inhalte	Theorie und Modellierung von Austauschprozessen zwischen Boden, Landoberfläche und Atmosphäre mit Bezug auf den terrestrischen Wasser und Energiekreislauf.			
Teilnahme- voraussetzungen	keine			

## Landoberflächenprozesse

Veranstaltungen	Lehrform, Thema (Gruppengröße)	SWS	Workload [h]	LP
648108320 - SS	Vorlesung Landoberflächenprozesse (30)	2	60	2
	Übung Landoberflächenprozesse (30)	2	120	4
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch			
Prüfungsnummer	Prüfungen			
648108320	Hausarbeit	benotet		6
Studienleistungen				
u.a. als Zulassungsvoraussetzung zur Modulprüfung	keine			
Sonstiges	<b>Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Spezialliteratur aus einschlägigen wissenschaftlichen Zeitschriften</li> </ul>			

# Hydrogeophysik

UNIVERSITÄT  **BONN**

Modulnummer <b>pea833</b>	Workload <b>180 h</b>	Umfang <b>6 LP</b>	Dauer Modul <b>1 Semester</b>	Turnus <b>jährlich im SS</b>
Modulbeauftragter	Prof. Dr. Andreas Kemna			
Anbietende Lehrereinheit(en)	Meteorologie und Geophysik			
Beteiligte Dozenten	Kemna			
Verwendbarkeit des Moduls	Studiengang	Modus	Studiensemester	
	MSc. Physik der Erde und Atmosphäre  MSc. Geologie MSc. Geochemie/Petrologie	Wahlpflicht  fachüber- greifende Wahlpflicht	1. od. 2. Semester  1., 2. od. 3. Semester	
Lernziele	Kenntnisse in der Anwendung geophysikalischer Messverfahren zur Charakterisierung hydrogeologischer Strukturen und Prozesse, Kenntnis der Funktionsweise ausgewählter geophysikalischer Messgeräte, Kenntnisse in der Auswertung und Interpretation geophysikalischer Daten.			
Schlüsselkompetenzen	Verständnis der Auswahl von Messmethoden und –strategien für hydrogeophysikalische Untersuchungen, Erfahrung in geophysikalischer Geländearbeit, Teamfähigkeit, Präsentationsfähigkeit.			
Inhalte	Fließ- und Transportprozesse im oberflächennahen Untergrund, ausgewählte hydrogeologische Fragestellungen, tomographische hydrogeophysikalische Messverfahren, Funktionsweise ausgewählter geophysikalischer Messgeräte, Aspekte des Messdesigns, Durchführung geophysikalischer Messungen im Gelände, Datenqualitätskontrolle, Datenbearbeitung und -auswertung, Diskussion und Interpretation der Ergebnisse.			
Teilnahme- voraussetzungen	pea720 empfohlen			

## Hydrogeophysik

Veranstaltungen	Lehrform, Thema (Gruppengröße)	SWS	Workload [h]	LP
648108330 - SS	Vorlesung Hydrogeophysik (30)	2	60	2
	Übung Hydrogeophysik (30)	1	60	2
	Geländeübung Hydrogeophysik (30)	1	60	2
Unterrichtssprache	Deutsch			
Prüfungsnummer	Prüfungen			
648208330	Hausarbeit und Präsentation	benotet		6
Studienleistungen				
u.a. als Zulassungsvoraussetzung zur Modulprüfung	keine			
Sonstiges	<b>Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Everett, M.E., Near-Surface Applied Geophysics, Cambridge Univ. Press, 2013.</li> <li>• Kirsch, R. (Hrsg.), Groundwater Geophysics - A Tool for Hydrogeology, 2<sup>nd</sup> Edition, Springer, 2009.</li> <li>• Rubin, Y., und Hubbard, S.S. (Hrsg.), Hydrogeophysics, Springer, 2005.</li> <li>• Vereecken, H., Binley, A., Cassiani, G., Revil, A., und Titov, K. (Hrsg.), Applied Hydrogeophysics, Springer, 2006.</li> </ul>			

**Freier Wahlpflichtbereich**UNIVERSITÄT  **BONN**

Modulnummer <b>pea740</b>	Workload <b>360 h</b>	Umfang <b>0-12 LP</b>	Dauer Modul <b>2 Semester</b>	Turnus <b>WS od. SS</b>
Modulbeauftragter	Prof. Dr. Andreas Kemna			
Anbietende Lehreinheit(en)	Meteorologie und Geophysik			
Beteiligte Dozenten	Dozenten der Meteorologie und Geophysik			
Verwendbarkeit des Moduls	Studiengang	Modus		Studiensemester
	MSc. Physik der Erde und Atmosphäre	freie Wahlpflicht	1., 2. od. 3. Semester	
Lernziele	siehe Modulbeschreibung der anderen Studiengänge			
Schlüsselkompetenzen	siehe Modulbeschreibung der anderen Studiengänge			
Inhalte	siehe Modulbeschreibung der anderen Studiengänge			
Teilnahme- voraussetzungen	siehe Modulbeschreibung der anderen Studiengänge			

## Freier Wahlpflichtbereich

Veranstaltungen	Lehrform, Thema (Gruppengröße)	SWS	Workload [h]	LP
648107400 - WS/SS	siehe Modulbeschreibung der anderen Studiengänge (xx)		360	12
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch			
Prüfungsnummer	Prüfungen			
648207400	siehe Modulbeschreibung der anderen Studiengänge	benotet		12
Studienleistungen				
u.a. als Zulassungsvoraussetzung zur Modulprüfung	siehe Modulbeschreibung der anderen Studiengänge			
Sonstiges	<b>Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• siehe Modulbeschreibung der anderen Studiengänge</li> </ul>			

## Entwicklung von Spezialkompetenzen

UNIVERSITÄT  **BONN**

Modulnummer <b>pea950</b>	Workload <b>450 h</b>	Umfang <b>15 LP</b>	Dauer Modul <b>1 Semester</b>	Turnus <b>WS od. SS</b>
Modulbeauftragter	Prof. Dr. Andreas Kemna			
Anbietende Lehrereinheit(en)	Meteorologie und Geophysik			
Beteiligte Dozenten	Alle Dozenten aus Meteorologie und Geophysik			
Verwendbarkeit des Moduls	Studiengang	Modus	Studiensemester	
	MSc. Physik der Erde und Atmosphäre	Pflicht	3. Semester	
Lernziele	Erwerb von Spezialkompetenzen für meteorologisch-geophysikalische Forschungen.			
Schlüsselkompetenzen				
Inhalte	Aneignung von Spezialkompetenzen für meteorologisch-geophysikalische Forschungen und Fragestellungen wie spezielle Programmierung, Datenbankverfahren, Handhabung von Messapparaturen, Formate zur Datenspeicherung und Dearchivierung, Eigenschaften von Satelliten und Satellitensensoren, Techniken zur Inversen Modellierung und Datenassimilation.			
Teilnahme- voraussetzungen	keine			



## Entwicklung von Spezialkompetenzen

Veranstaltungen	Lehrform, Thema (Gruppengröße)	SWS	Workload [h]	LP
648109500 - WS/SS	Eigenstudium Entwicklung von Spezialkompetenzen (5)		450	15
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch			
Prüfungsnummer	Prüfungen			
648209500	Präsentation	benotet		15
Studienleistungen				
u.a. als Zulassungsvoraussetzung zur Modulprüfung	keine			
Sonstiges	<b>Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einzelvergabe zu den speziellen Kompetenzen</li> </ul>			

## Methoden, Forschungsorientierung und Projektplanung

UNIVERSITÄT  **BONN**

Modulnummer <b>pea960</b>	Workload <b>450 h</b>	Umfang <b>15 LP</b>	Dauer Modul <b>1 Semester</b>	Turnus <b>WS od. SS</b>
Modulbeauftragter	Prof. Dr. Andreas Kemna			
Anbietende Lehrereinheit(en)	Meteorologie und Geophysik			
Beteiligte Dozenten	Alle Dozenten aus Meteorologie und Geophysik			
Verwendbarkeit des Moduls	Studiengang	Modus		Studiensemester
	MSc. Physik der Erde und Atmosphäre	Pflicht		3. Semester
Lernziele	Wissenschaftliche Recherche bezüglich Literatur und Methoden, Projektplanung und Formulierung der Planung.			
Schlüsselkompetenzen				
Inhalte	Projektplanung: Ermittlung des Stands der Forschung, Beschreibung der Ziele der Arbeit, Erstellung eines Arbeitsplans.  Methoden: Verfahren zur Projektplanung, Strukturiertes Arbeiten; Zusammenstellung relevanter Rechner-Programme und/oder Daten für spezielle wissenschaftliche Arbeiten.			
Teilnahme- voraussetzungen	keine			

## Methoden, Forschungsorientierung und Projektplanung

Veranstaltungen	Lehrform, Thema (Gruppengröße)	SWS	Workload [h]	LP
648109600 - WS/SS	Eigenstudium Methoden, Forschungsorientierung und Projektplanung (5)		450	15
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch			
Prüfungsnummer	Prüfungen			
648209600	Präsentation	benotet		15
Studienleistungen				
u.a. als Zulassungsvoraussetzung zur Modulprüfung	Erstellen eines Projektplans			
Sonstiges	<b>Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einzelvergabe für die spez. Methoden und Projekte</li> </ul>			

**Masterarbeit**UNIVERSITÄT  **BONN**

Modulnummer <b>pea970</b>	Workload <b>900 h</b>	Umfang <b>30 LP</b>	Dauer Modul <b>1 Semester</b>	Turnus <b>WS od. SS</b>
Modulbeauftragter	Prof. Dr. Andreas Kemna			
Anbietende Lehrereinheit(en)	Meteorologie und Geophysik			
Beteiligte Dozenten	Alle Dozenten aus Meteorologie und Geophysik			
Verwendbarkeit des Moduls	Studiengang	Modus		Studiensemester
	MSc. Physik der Erde und Atmosphäre	Pflicht		4. Semester
Lernziele	Durchführung und Abschluss eines wissenschaftlichen Projektes, Präsentation der Ergebnisse.			
Schlüsselkompetenzen				
Inhalte	Erstellung einer Forschungsarbeit zu einem speziellen meteorologischen oder geophysikalischen Thema.			
Teilnahme- voraussetzungen	Mindestens 60 LP; Abschluss pea950, pea960			

## Masterarbeit

Veranstaltungen	Lehrform, Thema (Gruppengröße)	SWS	Workload [h]	LP
648109700 - WS/SS	Eigenstudium Masterarbeit (5)		900	30
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch			
Prüfungsnummer	Prüfungen			
648209700	Masterarbeit	benotet		30
	Abschlusskolloquium	unbenotet		0
Studienleistungen				
u.a. als Zulassungsvoraussetzung zur Modulprüfung	keine			
Sonstiges	<b>Literatur:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einzelvergabe zu den speziellen Themen</li> </ul>			