



Lehrinheit Meereswissenschaften

# **Master-Studiengang Umweltmodellierung**

## **Modulhandbuch**

Prof. Dr. Ulrike Feudel

Stand 01.07.2014

<b>Studiengang</b>	<b>MSc Umweltmodellierung</b>
<b>Modulbezeichnung</b>	<b>mar700 Einführung in die Umweltmodellierung</b>
<b>Modul-Code</b>	EUM
<b>Semester / Dauer des Moduls</b>	1. Fachsemester / 1. Semester
<b>Zuordnung zu weiteren Studiengängen/Curricula</b>	
<b>Veranstaltungen</b>	Ring-Vorlesung Einführung in die Umweltmodellierung (3 KP) Praktikum zur Einführung in die Umweltmodellierung (3KP)
<b>Lehrsprache</b>	Deutsch oder Englisch
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Ulrike Feudel
<b>Dozent/in/en/nen</b>	Lehrende des Studiengangs Umweltmodellierung
<b>Arbeitsaufwand</b>	Kontaktzeit: 56 h, Selbststudium: 124 h
<b>Lern-/Lehrform</b>	Vorlesung; Praktikum
<b>Erreichbare Kreditpunkte/ECTS</b>	6 KP
<b>Modulinhalt</b>	<b><i>Ring-Vorlesung Einführung in die Umweltmodellierung</i></b> In der Ring-Vorlesung präsentieren Lehrende der beteiligten Arbeitsgruppen ggf. unter Mitwirkung von Gastwissenschaftlern Lehrinhalte aus dem Arbeitsgebiet, in dem sie forschen. Die Studierenden wählen sich eine der Arbeitsgruppen aus, in der sie tieferen Einblick in die Forschungsthemen der gewählten Arbeitsgruppe bekommen. In einer Hausarbeit wird unter Leitung von Lehrenden dieser Arbeitsgruppe selbständig ein wissenschaftliches Thema bearbeitet.
<b>Ziele des Moduls</b>	Die Studierenden besitzen grundlegende Kenntnisse der Umweltmodellierung. Sie haben einen ersten Einblick in die wesentlich am Studiengang beteiligten Arbeitsgruppen und deren aktuelle Forschungsthemen. Sie kennen zentrale Arbeitsgebiete der Umweltmodellierung aus der Sicht verschiedener Experten und die dabei genutzten Methoden. Sie haben gelernt, sich mit wissenschaftlichen Fragen selbstständig und kritisch auseinander zu setzen.
<b>Medienformen</b>	Vorlesung mit Diskussionsanteilen; angeleitetes bzw. teilweise selbstständiges Arbeiten am Computer mit gängigen Software-Werkzeugen; eigenständiger Umgang mit Literatur und computergestützter Präsentationstechnik

**Literatur** Wird in den Veranstaltungen eingeführt, aktuelle Publikationen in Fachzeitschriften

---

**Teilnahmevoraussetzung(en)** Keine

---

**Nützliche Vorkenntnisse**

---

**Verknüpft mit den Modulen**

---

**Minimale/maximale Teilnehmerzahl** Entsprechend der Zulassungszahl

---

**Zu erbringende Studien- und Prüfungsleistungen** 1 benotete Prüfungsleistung:  
Hausarbeit

---

**Kriterien zur Erreichung der Notenpunkte** Nach allgemeinen Standards als ausreichend zu bewertende Prüfungsleistung

---

<b>Studiengang</b>	<b>MSc Umweltmodellierung</b>
<b>Bereich</b>	<b>Basiskompetenzen</b>
<b>Modulbezeichnung</b>	<b>mar710 Basiskompetenzen</b>
<b>Modul-Code</b>	BK
<b>Semester / Dauer des Moduls</b>	1. Fachsemester / 1. Semester
<b>Zuordnung zu weiteren Studiengängen/Curricula</b>	Bachelor Informatik; Bachelor Umweltwissenschaften, Bachelor Biologie
<b>Veranstaltungen</b>	<p>Die Auswahl an Veranstaltungspakete im Umfang von jeweils 6KP wird zum großen Teil durch den Zulassungsausschuss vorgegeben, um Defizite in der vorangegangenen Bachelorausbildung auszugleichen. AbsolventInnen des Bachelorstudiengangs Umweltwissenschaften können Veranstaltungen aus dem Master Cluster wählen.</p> <p><u>Programmierkurs Java</u>  VL Programmierkurs Java (3 KP)  Ü Programmierkurs Java (3 KP)</p> <p><u>Einführung in die Informatik für Naturwissenschaftler</u>  VL Einführung in die Informatik für Naturwissenschaftler (4,5 KP)  Ü Einführung in die Informatik für Naturwissenschaftler (1,5 KP)</p> <p><u>Angewandte Statistik in Biologie und Umweltwissenschaften</u>  VL Angewandte Statistik in Biologie und Umweltwissenschaften (3 KP)  Ü Angewandte Statistik in Biologie und Umweltwissenschaften (3 KP)</p> <p><u>Explorative Datenanalyse</u>  VL Explorative Datenanalyse (3 KP)  Ü Explorative Datenanalyse (3KP)</p> <p><u>Physikalische Ozeanographie</u>  VL Physikalische Ozeanographie (3 KP)  Ü Physikalische Ozeanographie (3 KP)</p> <p><u>Hydrodynamik</u>  VL Hydrodynamik (3 KP)  Ü Hydrodynamik (3 KP)</p> <p><u>Grundlagen der mathematischen Modellierung</u>  VL Grundlagen der mathematischen Modellierung (3 KP)  Ü Grundlagen der mathematischen Modellierung (3 KP)</p>

---

### Geochemie

VL Einführung in die Organische Geochemie (3 KP)  
VL Einführung in die Anorganische Geochemie (3 KP)  
Ü Übung Geochemie (3 KP)

### Terrestrische und Marine Biologie

VL Biologische Meereskunde (3 KP)  
VL Einführung in den Stoffhaushalt von  
Pflanzenbeständen Mitteleuropas (3 KP)

### Hydrologie und Bodenkunde

VL Hydrologie (3 KP)  
VL Einführung in die Bodenkunde (3 KP)

### Ökologie

VL Microbial Ecology (3 KP)  
VL Allgemeine Ökologie (3 KP)

### Datenerhebung und -auswertung

VL Messmethoden der Ozeanographie (3 KP)  
VL Umweltstatistik (3 KP)

---

<b>Lehrsprache</b>	Deutsch oder Englisch
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Bernd Blasius
<b>Dozent/in/en/nen</b>	Lehrende der Lehreinheiten Meereswissenschaften, Biologie/Landschaftsökologie, Informatik
<b>Arbeitsaufwand</b>	Kontaktzeit: 168 h, Selbststudium: 372 h
<b>Lern-/Lehrform</b>	Vorlesung; Übung
<b>Erreichbare Kreditpunkte/ECTS</b>	18 KP
<b>Modulinhalt</b>	<p>Dieses Modul beinhaltet Veranstaltungen, die zum Ausgleich von Defiziten in der vorangegangenen unterschiedlichen Bachelorabschlüssen gedacht sind. Der Zulassungsausschuss gibt für jeden Studierenden individuell Empfehlungen, welche der Lehrveranstaltungen aus diesem Angebot wahrgenommen werden sollen, um einen reibungslosen weiteren Studienverlauf zu gewährleisten. Die Inhalte der Veranstaltungen umfassen sowohl Grundlagen der Mathematik, Modellierung, Informatik, Geochemie, Meereschemie, Biologie, Landschaftsökologie, Hydrologie, Ökologie sowie der Physik und Ozeanografie.</p> <p><b>Programmierkurs Java (VL+Ü)</b> In der Vorlesung werden im ersten Teil allgemeine Grundbegriffe der Programmierung (Algorithmus, Rechner, Compiler, Syntaxdiagramme, Logik, ...) eingeführt. Weiterhin wird das Hamster-Modell</p>

---

---

vorgestellt, ein einfaches aber mächtiges Modell, mit dessen Hilfe Grundkonzepte der Programmierung auf spielerische Art und Weise erlernt werden können. Der zweite Teil befasst sich mit den imperativen Programmierkonzepten von Java für das "Programmieren im Kleinen", wie Typen, Variablen, Anweisungen und Funktionen. Im dritten Teil werden weitergehende so genannte objektorientierte Konzepte von Java, wie die Klassendefinition, Interfaces und Vererbungsmechanismen, vermittelt, die es erlauben, große, strukturierte, wieder verwendbare und erweiterbare Programmsysteme zu entwickeln.

***Einführung in die Informatik für Naturwissenschaftler (VL+Ü)***

Das Modul vermittelt Grundbegriffe aus der Informatik und damit korrespondierende Fähigkeiten zu den folgenden Themen:

- Algorithmen und Datenstrukturen
- Datenbanken
- Rechnernetze
- Betriebssysteme
- Rechnerarchitektur

***Angewandte Statistik in Biologie und Umweltwissenschaften (VL+Ü)***

Die Vermittlung von Fähigkeiten auf dem Gebiet der Angewandten Statistik umfasst die folgenden Schwerpunkte:

Abklärung einer Forschungshypothese und ihres Transfers auf die Ebene statistischer Operationalisierung  
Versuchsplanung und Unterstützung bei der Vorbereitung der Stichprobennahme  
Auswahl geeigneter statistischer Analyseverfahren  
Vorbereitung der Stichprobenwerte für eine statistische Datenanalyse  
Nutzung von Statistik-Programmen und –Programmsystemen und Unterstützung bei ihrer Anwendung  
fachwissenschaftliche Interpretation statistischer Auswertungsergebnisse

***Explorative Datenanalyse (VL+Ü)***

Die Inhalte des Moduls zielen auf die Vermittlung von spezifischem Wissen auf folgenden Gebieten ab:  
Univariate Daten: Beschreibung durch Tabellen, Grafiken und Kenngrößen, Invarianz- und Äquivarianzeigenschaften von Kenngrößen, Ausreißer-Robustheit.  
Bivariate Daten: Kontingenzkoeffizient von Pearson, Rangkorrelationskoeffizient, Korrelationskoeffizient von Bravais-Pearson, lineare Regression, nichtparametrische Regression, multiple Regression, allgemeine Regression, Kleinste-Quadrat-Summen-

---

---

Schätzung, ausreißer-robuste Alternativen.  
Multivariate Daten: Verallgemeinerungen des Medians, Hauptkomponenten-Analyse, Kanonische Korrelation, multivariate Regression, Diskriminanzanalyse, Klassifikation, Clusteranalyse.

### ***Physikalische Ozeanographie (VL+Ü)***

Entwicklung, Aufgaben und Ziele der Geophysik und Ozeanographie; Entstehung und Dynamik der festen Erdkruste; Physikalische Eigenschaften des Meerwassers; Hydrodynamische Grundgleichungen; Strömungen auf der rotierenden Erde; Wellen, Gezeiten; Regionale Ozeanographie (Nordsee, Ostsee, Atlantik)

### ***Hydrodynamik (VL+Ü)***

Skalare und Vektoren, Gradient, Divergenz, Rotation, Gauss'scher Satz, Stokes'scher Satz, Kontinuumshypothese, Kontinuitätsgleichung, Navier-Stokes-Gleichung, Diffusionsgleichung, Strom- und Bahnlinien, Euler und Bernoulli-Gleichung, Hydrostatik, Auftrieb, Kinematik, Dynamik, turbulente Strömungen, Anwendungen in der Meeresforschung.

### ***Grundlagen der mathematischen Modellierung (VL+Ü)***

Grundlagen der Analysis, Grundlagen der Programmierung in MatLab  
Empirische Modelle, Differenzen- und Differentialgleichungsmodelle, Räuber-Beute-Modelle, Epidemiemodelle  
Methodik zur Erstellung mathematischer Modelle am Beispiel natürlicher Systeme  
Numerische und analytische Lösungsansätze  
Räumlich ausgedehnte Systeme, zelluläre Automaten

### ***Einführung in die Organische Geochemie (VL)***

Grundlegende Kenntnisse über die Sedimentation von organischem und anorganischem Material und über den Verbleib des Materials in der Geosphäre über geologische Zeiträume bzw. über die Prozesse in der Wassersäule in unterschiedlichen Sedimentationsräumen. Aus diesen Kenntnissen werden Kenngrößen abgeleitet, die zur Beurteilung der Umweltsituation benötigt werden.

### ***Einführung in die Anorganische Geochemie (VL)***

Es werden Prozesse behandelt, die aus geologischer bzw. geochemischer Sicht für die besonderen Bedingungen auf unserer Erde wesentlich verantwortlich sind. Diese schließen die Frühzeit des Universums (Urknall, Entstehung der Elemente, Galaxien und Planeten), die internen Element- und Stoffkreisläufe, die Lebensgrundlagen unseres Planeten sowie die natürlichen und durch den

---

---

Menschen erzeugten globalen Veränderungen der Umwelt ein.

**Geochemie (Ü)**

Praktische Aufgaben aus den drei Vorlesungen über Meeresgeochemie, anorganische und organische Geochemie

**Biologische Meereskunde (VL)**

Abiotische Umweltbedingungen der Meere: Lichtklima, Wärmehaushalt, chemisch-physikalische Eigenschaften des Meerwassers. Wellenentstehung, Gezeiten, Globale Verteilung von Wassermassen und Strömungen. Pelagische Lebensgemeinschaften, Plankton (Phytoplankton, Zooplankton, Bakterioplankton, Virioplankton, Mycoplankton), Microbial Loop, Sinkstofffluss, C- und N-Kreislauf, Nekton (Fische, Meeressäuger, Cephalopoden, Vögel), Fischerei, El Nino. Benthische Lebensgemeinschaften (Fels, Sand, Schlick, Salzmarschen, Mangroven), Ästuare.

**Einführung in den Stoffhaushalt von Pflanzenbeständen Mitteleuropas (VL)**

Wasser-, Kohlenstoff- und Nährstoffhaushalt von Pflanzenbeständen Mitteleuropas (u.a. Waldgesellschaften, Grünland, Ackerlandschaften).

**Hydrologie (VL)**

Einführung in den Wasserkreislauf, Grundbegriffe der Hydrologie, Einführung in die hydrologischen Prozesse und Speicher des terrestrischen Teils des Wasserkreislaufs, Überblick über hydrologische Mess- und Berechnungsverfahren.

**Einführung in die Bodenkunde (VL)**

Eigenschaften von Böden, Transformations- und Translokationsprozesse, Nährstoffe und Schadstoffe, Genese von Böden und Bodenklassifikation

**Microbial Ecology (VL)**

Bestimmung der mikrobiellen Biomasse, Erfassung der Artzusammensetzung: molekulare Ökologie, Bestimmung der mikrobiellen Aktivität *in situ*, Isolierung, "Kultivierbarkeit", Überdauerung, Hungerzustände, aerober Abbau organischer Substanz, anaerobe mikrobielle Nahrungskette, Wechselwirkungen mit Bakterien, Tieren und Pflanzen. Bedeutung der Mikroben für die biogeochemischen Kreisläufe. Als Standorte werden besprochen: Meer, Seen, Sedimente, Boden, Mikrobematten, Darm, "extreme" Standorte: Submarine Hydrothermalquellen, Salinen, Alkaliseen. Es werden Grundlagen der Umweltmikrobiologie zur Abwasserreinigung,

---



---

Sanierung von Gewässern und Boden erläutert. Eingeflochten ist die Erklärung verschiedener Methoden (Einsatz von Mikroelektroden, Interpretation von Gradienten, Isotopen-Techniken, molekularbiologische Techniken, etc).

**Allgemeine Ökologie (VL)**

Organismus und Umwelt, Populationsökologie, Bi-Systeme, Aufbau u. Struktur von Ökosystemen, biotische /abiotische Faktoren, Arten- u. Biotopschutz

**Messmethoden der Ozeanographie (VL)**

Ein Überblick über die Messgeräte bzw. -systeme, in der Ozeanographie, sowie die einzelnen Sensor-Komponenten, System-Konzepte, Aufnahme- und Auswerteverfahren und Geräteträger.

**Umweltstatistik (VL)**

Einführung in statistische Verfahren zur Analyse von raum- und/oder zeitabhängigen Variablen orientiert an Fallstudien mit fachwissenschaftlichem Kontext, Signifikanztests, räumliche und zeitliche Autokorrelation, Hauptkomponentenanalyse und nicht metrische multidimensionale Skalierung, Klassifikationsverfahren, Verfahren zur Analyse von instationären Ereignisfolgen und zu ebenen Punktmustern.

---

**Ziele des Moduls**

Die Studierenden haben ihre Defizite aus den verschiedenen Bachelorstudiengängen ausgeglichen und sind auf die weiteren Veranstaltungen des Studiengangs gut vorbereitet. Sie besitzen die erforderlichen Grundkenntnisse in mathematischer Modellierung und beherrschen den Umgang mit dem Computer einschließlich der Programmierung.

**Programmierkurs Java (VL+Ü)**

Studierende haben mit Abschluss des Moduls Basiskompetenzen in der Java-Programmierung erworben und haben grundlegende Konzepte der imperativen und objektorientierten Programmierung anhand der Programmiersprache Java erlernt. Die Studierenden können selbstständig Java-Programme für die Lösung kleinerer und mittel großer Probleme entwickeln.

**Einführung in die Informatik für Naturwissenschaftler (VL+Ü)**

Studierende verfügen über die notwendigen Grundbegriffe und Grundfertigkeiten der Informatik, um an weiterführenden Modulen erfolgreich teilzunehmen zu können. Sie kennen den Aufbau von Datenbanken und Betriebssystemen und verfügen über Kenntnisse in der Entwicklung von Algorithmen und Datenstrukturen.

---

---

### ***Angewandte Statistik in Biologie und Umweltwissenschaften (VL+Ü)***

Studierende sind nach anwendungs- und problemorientierter Vermittlung ausgewählter Teilgebiete der Angewandten Statistik und bei Einsatz ihrer, unter Statistik-Programmsystemen implementierten Verfahren befähigt, Anwendbarkeit und Aussagefähigkeit ausgewählter Verfahren der Angewandten Statistik im Kontext von Fallstudien kompetent zu beurteilen.

### ***Explorative Datenanalyse (VL+Ü)***

Die Studierenden sind befähigt, hochdimensionale Daten durch Tabellen, Grafiken und Kenngrößen adäquat darzustellen und zu interpretieren. Sie kennen grundlegende statistische Verfahren zur Datenanalyse wie Regressions-, Korrelations- und Diskriminanzanalyse und können diese auf Beispieldatensätze anwenden.

### ***Physikalische Ozeanographie (VL+Ü)***

Die Studierenden besitzen grundlegende Kenntnisse auf den Gebieten der Geophysik und physikalischen Ozeanographie. Sie besitzen ein Verständnis der Bewegung von Atmosphäre und Ozean auf der rotierenden Erde und der jeweiligen Grenzschichten. Sie sind in der Lage, physikalische Prozesse in den Ozeanen und Küstenmeeren durch Lösungen der hydrodynamischen Bewegungsgleichungen zu verstehen. Dies umfasst insbesondere die thermohaline Konvektion, die Geostrophie, die windgetriebene Zirkulation, Wellen und Gezeiten. Die Bedeutung physikalischer Prozesse für die Biologie und Chemie der Ozeane wird erkannt.

### ***Hydrodynamik (VL+Ü)***

Die Studierenden erwerben Grundkenntnisse in der Strömungslehre/Hydrodynamik. Sie kennen die Grundgleichungen der Hydrostatik, Kinematik, und Hydrodynamik und können mit Hilfe der Vektoranalysis Anwendungen und Spezialfälle im Bereich der Atmosphären- und Meeresphysik verstehen und bearbeiten.

### ***Grundlagen der mathematischen Modellierung (VL+Ü)***

Das mathematische Wissen zur Beschreibung und Analyse von Modellen erwerben, Modelle selbständig aufstellen und die grundlegenden Techniken zur analytischen und numerischen Lösung von Differentialgleichungen erlernen.

---

### ***Einführung in die organische Geochemie (VL) /***

---

### ***Einführung in die Anorganische Geochemie (VL) / Geochemie (Ü)***

Studierende besitzen nach erfolgreichem Besuch des Moduls:

- (i) Vertieftes Wissen über die organisch-geochemischen Aspekte der Umweltwissenschaften.
- (ii) Vertieftes Wissen über die anorganisch-geochemischen Aspekte der Umweltwissenschaften.
- (iii) Grundlagenwissen über die geochemisch bedeutsamen Kreislaufprozesse des Kohlenstoffs auf unserer Erde.
- (iv) Grundlagenwissen über die geochemisch bedeutsamen Elementkreisläufe
- (v) Fähigkeiten zum eigenständigen Erschließen geochemischer Literatur bzw. Informationen.

### ***Biologische Meereskunde (VL) / Microbial Ecology (VL)***

Die Teilnehmer besitzen grundlegende Kenntnisse der biologischen Meereskunde. Sie kennen die wichtigsten abiotischen Parameter sowie die pelagischen und benthischen Lebensgemeinschaften. Sie verstehen die Rolle der Mikroorganismen für die biogeochemischen Kreisläufe und an verschiedenen Standorten. Sie wissen wie man diese untersuchen kann.

### ***Einführung in den Stoffhaushalt von Pflanzenbeständen Mitteleuropas (VL)***

Studierende besitzen nach erfolgreichem Besuch des Moduls:

- (i) Grundlagenwissen der ökosystemaren Zusammenhänge im Bereich der Vegetationsökologie
- (ii) vegetationskundliche Methodenkenntnisse sowie Kenntnisse über den Zusammenhang von Prozessen, Messmethoden und Analysetechniken
- (iii) vertiefte Fähigkeit zur Auswertung und Darstellung vegetationskundlicher Untersuchungen
- (iv) Fähigkeiten zum eigenständigen Erschließen vegetationskundlicher Literatur bzw. Informationen

### ***Hydrologie (VL) / Einführung in die Bodenkunde (VL)***

Studierende besitzen nach erfolgreichem Besuch des Moduls:

- (i) umfassendes Grundlagenwissen über die Bereiche der Bodenkunde und der Hydrologie
  - (ii) bodenkundlich-hydrologische Methodenkenntnisse sowie Kenntnisse über den Zusammenhang von Prozessen, Messmethoden und Analysetechniken
  - (iii) vertiefte Fähigkeit zur Auswertung und Darstellung bodenkundlich-hydrologischer Untersuchungen
  - (iv) Fähigkeiten zum eigenständigen Erschließen bodenkundlich-hydrologischer Literatur bzw. Informationen
-

---

**Allgemeine Ökologie (VL)**

Die Studierenden besitzen Kenntnisse über die theoretischen Grundlagen der verschiedenen Disziplinen der Ökologie und können sie in der Praxis anwenden. Sie können Ergebnisse aus der ökologischen Literatur und aus eigenen Untersuchungen auswerten, darstellen und kritisch interpretieren.

**Messmethoden der Ozeanographie (VL)**

Die Studierenden erhalten einen umfassenden Überblick über die aktuell verwendeten Messverfahren und -geräte in der Ozeanographie und sind mit deren Anwendungsmöglichkeiten vertraut.

**Umweltstatistik (VL)**

Die Studierenden besitzen grundlegende Kenntnisse über statistische Methoden und können sie auf Umweltfragestellungen anwenden.

---

**Medienformen**

Beamer, Computer, Tafel, Folien

---

**Literatur****Programmierkurs Java (VL+Ü)**

essenziell: Folien-Skriptum

empfohlen:

D. Boles: "Programmieren spielend gelernt mit dem Java-Hamster-Modell", Teubner-Verlag

D. Boles: "Objektorientierte Programmierung spielend gelernt mit dem Java-Hamster-Modell", Teubner-Verlag

gute Sekundärliteratur:

J. Goll, C. Weiß, F. Müller: "Java als erste Programmiersprache", Teubner-Verlag

D. Ratz, J. Scheffler, D. Seese: "Grundkurs Programmieren in Java, Band 1", Hanser-Verlag

**Einführung in die Informatik für Naturwissenschaftler (VL+Ü)**

U. Rembold : Einführung in die Informatik für Ingenieure und Naturwissenschaftler

**Angewandte Statistik in Biologie und Umweltwissenschaften (VL+Ü)**

Stoyan, D., Stoyan, H. und Jansen, U. (1997). Umweltstatistik. Teubner, Stuttgart.

Khazanie, R. Basic probability theory and applications (1976) Pacific Palisades.

Internet: Skript zum Modul mit kontextbezogenen Literaturangaben und Hinweisen auf relevante URLs

**Explorative Datenanalyse (VL+Ü)**

Anderson, T.W. (1984). Introduction to Multivariate Statistical Analysis. Wiley, New York.

Bortz, J. (1999). Statistik für Sozialwissenschaftler. Springer, Berlin.

---

---

Burkschat, M., Cramer, E., und Kamps, U. (2004). Beschreibende Statistik. Grundlegende Methoden. Springer, Berlin.

Everitt, B.S. and Dunn, G. (1991). Applied Multivariate Data Analysis. Edward Arnold, London.

Fahrmeier, L., Künstler, R., Pigeot, I., und Tutz, G. (1997). Statistik. Springer, Berlin.

Härdle, W., und Simar, L. (2003). Applied Multivariate Statistical Analysis. Springer, Berlin.

Hartung, J., Elpelt, B., und Klösener, H.P. (1998). Statistik. Oldenbourg, München.

Lehn, J., Müller-Gronbach, T., und Rettig, S. (2000). Einführung in die Deskriptive Statistik. Teubner, Stuttgart.

Rencher, A.C. (1995). Methods of Multivariate Analysis. Wiley, New York.

Rencher, A.C. (1998). Multivariate Statistical Inference and Applications. Wiley, New York.

Stoyan, D., Stoyan, H. und Jansen, U. (1997). Umweltstatistik. Teubner, Stuttgart.

Physikalische Ozeanographie (VL+Ü)

Dietrich, Kalle, Krauss, Siedler: Allgemeine Meereskunde.

Thurman, Burton, Introductory Oceanography, Prentice Hall

Open University, Ocean Circulation, Pergamon Press

Hydrodynamik (VL+Ü)

Schade & Kunz, Strömungslehre, de Gruyter

Grundlagen der mathematischen Modellierung (VL+Ü)

Skript wird über StudIP bereitgestellt

Imboden, D.M. & Koch, S. Systemanalyse - Einführung in die mathematische Modellierung natürlicher Systeme, Springer-Verlag

Einführung in die Organische Geochemie (VL) /

Einführung in die Anorganische Geochemie (VL) /  
Geochemie (Ü)

S Killops, V. Killops, Introduction to Organic Geochemistry, 2<sup>nd</sup> edition, 2004, Blackwell.

B.P. Tissot, D.H. Welte, Petroleum Formation and Occurrence, 1984, 2. Aufl, Springer.

W.Broecker, Labor Erde, Bausteine für einen lebensfreundlichen Planeten, 1994, Springer.

Press und Siever, Allgemeine Geologie, 5. Auflage, 2008, Springer Spektrum

F.J. Millero, Chemical Oceanography, 2nd edition, 1996, CRC Press.

S.M. Libes, An Introduction to Marine Biogeochemistry, 1992, Wiley

Open University Series, 1989, Ocean Chemistry and Deep-Sea Sediments; Seawater: Its Composition, Properties and Behaviour, Pergamon Press.

---

---

W.S. Broecker, T.-H. Peng, Tracers in the Sea, 1982, Eldigio Press.

Biologische Meereskunde (VL)

S. Gerlach, Marine Systeme, Springer Verlag, Heidelberg 1994.

T. Garrison, Oceanography – an invitation to marine science, Brooks/Cole, Wadsworth, New York 1999.

C.M. Lalli, T.R. Parsons, Biological Oceanography: An Introduction, Elsevier, Oxford 1995.

U. Sommer, Biologische Meereskunde, Springer Verlag, Heidelberg 2005.

U. Sommer, Planktologie, Springer Verlag, Heidelberg 1994.

Einführung in den Stoffhaushalt von Pflanzenbeständen Mitteleuropas (VL)

Schulze, Beck, Müller-Hohenstein: Pflanzenökologie

Allgemeine Ökologie (VL)

Wittig u. Streit: Ökologie,

Townsend, Harper, Begon: Ökologie,

Wilson, Bossert: Populationsökologie,

Mühlenberg: Freilandökologie,

Krebs: Ecological Methodology

Larcher: Ökophysiologie der Pflanzen;

Steubing & Schwantes: Ökologische Botanik;

Ellenberg: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen.

Kratochwil u. Schwabe: Ökologie der

Lebensgemeinschaften; Schaefer: Wörterbuch der

Ökologie;

Microbial Ecology (VL)

H. Cypionka, Grundlagen der Mikrobiologie, Springer Verlag, Heidelberg 2003

U. Sommer, Planktologie, Springer Verlag, Heidelberg 1994.

Hydrologie (VL)/Einführung in die Bodenkunde (VL)

Scheffer & Schachtschabel: Bodenkunde. Springer

Mückenhausen: Bodenkundliche Kartieranleitung

Hölting: Hydrogeologie

Mattheß & Ubell: Allgemeine Hydrogeologie

Messmethoden der Ozeanographie (VL)

Stewart: Introduction to Physical Oceanography (2008)

Dietrich, Kalle, Krauss, Siedler: Allgemeine

Meereskunde.

---

<b>Teilnahmevoraussetzung(en)</b>	Keine
<b>Nützliche Vorkenntnisse</b>	Vertrautheit im Umgang mit Rechnern, Matlab
<b>Zu erbringende Studien- und Prüfungsleistungen</b>	<u>1 benotete Prüfungsleistung:</u> Mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (Klausur)

---

---

ist zeitlich teilbar aber als Ganzes zu bewerten) mit Inhalten aus zwei Veranstaltungspaketen; Art der Prüfungsleistung wird bei Semesterbeginn von den entsprechenden Prüfenden bekannt gegeben

Unbenotete Prüfungsleistungen:

Mündliche Prüfung oder Klausur oder Portfolio oder fachpraktische Übung oder aktive Teilnahme; Art der Prüfungsleistung wird bei Semesterbeginn von den entsprechenden Prüfenden bekannt gegeben;

Aktive Teilnahme umfasst z.B. die regelmäßige Abgabe von Übungen, Anfertigung von Lösungen zu Übungsaufgaben, die Protokollierung der jeweils durchgeführten Versuche bzw. der praktischen Arbeiten, die Diskussion von Seminarbeiträgen oder Darstellungen von Aufgaben bzw. Inhalten in der Lehrveranstaltung in Form von Kurzberichten oder Kurzreferat

---

**Kriterien zur Erreichung der Notenpunkte**

Nach allgemeinen Standards als ausreichend zu bewertende Prüfungsleistung

---

<b>Studiengang</b>	<b>MSc Umweltmodellierung</b>
<b>Bereich</b>	<b>Profilierung</b>
<b>Modulbezeichnung</b>	<b>mar720 Umweltsysteme und Biodiversität</b>
<b>Modul-Code</b>	USB
<b>Semester / Dauer des Moduls</b>	1. und 2. Fachsemester / 2 Semester
<b>Zuordnung zu weiteren Studiengängen/Curricula</b>	Master Landschaftsökologie, Biologie und Marine Umweltwissenschaften sowie Master Ökologie Uni Bremen
<b>Veranstaltungen</b>	<p>Aus der folgenden Liste müssen Veranstaltungen im Umfang von 12 KP belegt ausgewählt werden:</p> <p>VL Ökologie der Pflanzen in Landschaften (2 KP)  VL Stoffhaushalte der Pflanzen in Landschaften (2 KP)  VL Ökologie der Tiere in Landschaften (2 KP)  VL Hydrogeologie (3 KP)  VL Grundlagen des Gewässerschutzes (3KP)  VL Umweltchemie (3 KP)  VL Umweltphysik (3 KP)  VL Basic Ecological Processes (3 KP)  Ü Interdisciplinary analysis of ecosystem processes and water and nutrient transport in landscapes (3KP)  VL „Scaling“: Physiological Ecology from individual organ to ecosystem (3 KP)  VL Biodiversität der Pflanzen (3 KP)  S Functional consequences of marine biodiversity change (3 KP)</p>
<b>Lehrsprache</b>	Deutsch oder Englisch
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Michael Kleyer
<b>Dozent/in/en/nen</b>	Prof. Dr. Michael Kleyer, Prof. Dr. Gerhard Zotz, Prof. Dr. Gudrun Massmann, Prof. Dr. Bernd Blasius, Prof. Dr. Jörg Wolff, Prof. Dr. Ulrike Feudel, Dr. Karsten Lettmann, Dr. Julia Stahl, PD Dr. Thorsten Henning Brinkhoff, Prof. Dr. Helmut Hillebrand, Dr. Jannek Greskowiak, Prof. Dr. Dirk Albach
<b>Arbeitsaufwand</b>	Kontaktzeit: 112 h, Selbststudium: 248 h
<b>Lern-/Lehrform</b>	Vorlesung; Übung; Seminar
<b>Erreichbare Kreditpunkte/ECTS</b>	12 KP
<b>Modulinhalt</b>	Dieses Modul dient der Spezialisierung auf das Anwendungsgebiet Umweltsysteme und Biodiversität. Aus dem gesamten Angebot können die Studierenden Veranstaltungen entsprechend der von ihnen gewünschten Ausrichtung auf terrestrische und/oder marine Umweltsysteme wählen.



---

### ***VL Ökologie der Pflanzen in Landschaften***

Nischentheorie, Habitatmodelle, Beziehungen zwischen biologischen Merkmalen und Umweltbedingungen, Populationsbiologie, Sukzessionen, Ausbreitung.

### ***VL Stoffhaushalte der Pflanzen in Landschaften***

Ökophysiologie von Pflanzen, vor in Bezug auf Umweltstress

### ***VL Ökologie der Tiere in Landschaften***

Biologische Mechanismen, die zum Überleben von Tierarten in Landschaften führen, Habitatmodelle, Fragmentierung, Isolation

### ***VL Hydrogeologie***

Vertiefende theoretische Grundlagen der Hydrogeologie: Hydrochemie, Wasser/Gesteins-Wechselwirkungen, Stoffkreisläufe, Stofftransport, Isotopenhdrogeologie, Altersdatierungen im Grundwasser, Grundwasser-kontamination, Gewässer- und Grundwasserschutz

### ***VL Grundlagen des Gewässerschutzes***

Allgemeine limnologische Grundlagen, Störungen natürlicher Gewässer, Eutrophierung, Phosphor- und Stickstoffbelastung natürlicher Gewässer, Saprobien-systeme, Gewässerversauerung, hygienische Belastung, Trinkwasserversorgung und –aufbereitung, Abwasserklärung, hormonell wirksame Substanzen; Implikationen für die Anforderungen der EU-Wasserrahmenrichtlinie.

### ***VL Umweltchemie***

In der Vorlesung wird ein vertieftes Wissen über die organisch- und anorganisch-chemischen Aspekte der Umweltwissenschaften im terrestrischen und marinen Bereich vermittelt, unter besonderer Berücksichtigung umweltwissenschaftlich bedeutsamer Prozesse in Atmosphäre, Boden und Gewässern. Das Ausmaß der anthropogenen Überprägung natürlicher Ökosysteme wird anhand von exemplarischen Beispielen behandelt.

### ***VL Umweltphysik:***

Einführung in die Physik von Ozean und Atmosphäre, Kopplung zwischen Ozean und Atmosphäre, Kompartimente des Klimasystems, Klimaphänomene wie z.B. El Niño, thermohaline Ozeanzirkulation, Tiefenkonvektion des Ozeans

### ***VL Basic Ecological Processes***

In diesem Kurs werden die Grundlagen der Ökologie behandelt. Ausgehend von der Adaptation von Individuen an ihre Umwelt werden Prinzipien der Populationsökologie und der Interaktionen zwischen

---

---

Arten (Konkurrenz, Räuber-Beute Prozesse, Mutualismen) erklärt. Abschließend werden die Struktur und Funktion von Lebensgemeinschaften sowie die Ökologie von Ökosystemen erläutert. Zahlreiche Beispiele aus der empirischen und theoretischen Ökologie werden genutzt, um elementare Prinzipien der Ökologie zu beschreiben. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Darstellung der menschlichen Überformung von Ökosystemen und ihren Prozessen.

***Ü Interdisciplinary analysis of ecosystem processes and water and nutrient transport in landscapes***

Mit diesem Modul wird Handlungs- und Verfügungswissen zu Datenaufnahme, Probenanalyse und Dateninterpretation im System Boden-Wasser-Pflanze vermittelt. Die Geländearbeiten erfolgen im Zusammenhang mit aktuellen Forschungsfragen. Die Arbeiten dienen der Prognose der Auswirkungen von Umweltveränderungen auf die Wasser- und Stoffflüsse in Landschaften auf unterschiedlichen Skalen sowie der Hinführung zu vertiefender forschender Tätigkeit. Die erhobenen Felddaten bilden außerdem die Grundlage für Arbeiten im Labor innerhalb des Moduls und in weiterführenden Modulen, z.B. im Rahmen von Modellierungen

***Ecological functions:***

***VL „Scaling“: Physiological Ecology from individual organ to ecosystem***

*In-depth understanding of the scale-dependency of ecological processes in time and space (basic concepts of allometry, scaling, non-linearity, intraspecific variability, emergent properties)*

***Biodiversität der Pflanzen***

Quantifizierung von Artenzahlen, Ausbreitung, Gradienten, Biogeographie, Biome, Funktionelle Diversität, Bestäubungssysteme, Life history, Seltenheit, Koexistenz, Invasive Pflanzen, Global Change, Artenschutz

***S Functional consequences of marine biodiversity change***

Das Seminar besteht aus einem Startworkshop in Wilhelmshaven, Projektarbeiten und einem Abschluss-symposium in Groningen

---

**Ziele des Moduls**

Die Studierenden besitzen die erforderlichen Fertigkeiten über Umweltsysteme und Biodiversität, um selbständig unterschiedlichen Probleme modellieren zu können.

***Ökologie der Pflanzen in Landschaften (VL) /  
Stoffhaushalte der Pflanzen in Landschaften (VL) /***

---

---

### ***Ökologie der Tiere in Landschaften (VL)***

- vertieftes Wissen über die Umweltbedingungen und die biologischen Mechanismen, die zum Überleben von Pflanzenarten in Landschaften führen.
  - vertieftes Wissen über die regionale Differenzierung hydrologischer Prozesse in verschiedenen Landschaften
  - vertieftes Wissen über den Stoffhaushalt von Pflanzen in Landschaften
  - vertieftes Wissen über die Umweltbedingungen und die biologischen Mechanismen, die zum Überleben von Tierarten in Landschaften führen.
- Erfolgreiche Studierende dieses Moduls verfügen in der Anfangsphase des Masterstudiums hinreichende Kenntnisse über Theorien und Modelle zu den Bedingungen des Überlebens von Pflanzen- und Tierarten in heterogenen Landschaften.

### ***Hydrogeologie (VL)***

- vertieftes Wissen über Methoden zur Modellierung hydrologischer Prozesse in Landschaften
  - vertieftes Wissen über die regionale Differenzierung hydrologischer Prozesse in verschiedenen Landschaften
  - vertieftes Wissen über Ursachen der Bodengefährdung, Prozesse der chemisch-physikalischen Bodenveränderungen und Maßnahmen zum prophylaktischen und therapierenden Bodenschutz
  - vertieftes Wissen über physikalisch/chemische Prozesse in Böden und deren Merkmalsausprägung.
- Erfolgreiche Studierende dieses Moduls verfügen in der Anfangsphase des Masterstudiums über vertiefte Kenntnisse zu Theorien und Modellen zu den hydrologischen Prozessen, zu physikalisch-chemischen Prozessen in Böden sowie Gefährdung und Schutz in unterschiedlichen Landschaften.

### ***Grundlagen des Gewässerschutzes (VL)***

Die Studierenden haben ein vertieftes Wissen über biologische Aspekte der Umweltwissenschaften im terrestrischen und marinen Bereich. Sie verstehen umweltwissenschaftlich bedeutsame biologische und biogeochemische Prozesse in Atmosphäre, Boden und Gewässern und können die anthropogene Überprägung natürlicher Ökosysteme beurteilen. Sie kennen die Grundlagen der Limnologie und die Anforderungen an den Gewässerschutz. Sie kennen moderne Forschungsansätze aus den Umweltwissenschaften und können diese diskutieren. Sie haben Umweltsysteme und Ansätze zu deren Untersuchung exemplarisch vor Ort kennen gelernt.

### ***Umweltchemie (VL), Umweltphysik (VL)***

Die Studierenden haben ein vertieftes Wissen über die

---

---

organisch- und anorganisch-chemischen und physikalisch-analytische sowie physikalisch-systemare Aspekte der Umweltwissenschaften im terrestrischen und marinen Bereich. Sie können Modelle für Prozesse im Umweltbereich verstehen und bewerten. Sie kennen moderne Forschungsansätze aus den Umweltwissenschaften und können diese diskutieren. Sie haben Umweltsysteme und Ansätze zu deren Untersuchung an Beispielen aus Umweltchemie und Umweltphysik kennen gelernt.

***Basic Ecological Processes (VL)***

In diesem Kurs werden die Grundlagen der Ökologie behandelt. Ausgehend von der Adaptation von Individuen an ihre Umwelt werden Prinzipien der Populationsökologie und der Interaktionen zwischen Arten (Konkurrenz, Räuber-Beute Prozesse, Mutualismen) erklärt. Abschließend werden die Struktur und Funktion von Lebensgemeinschaften sowie die Ökologie von Ökosystemen erläutert. Zahlreiche Beispiele aus der empirischen und theoretischen Ökologie werden genutzt, um elementare Prinzipien der Ökologie zu beschreiben. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Darstellung der menschlichen Überformung von Ökosystemen und ihren Prozessen.

***Interdisciplinary analysis of ecosystem processes and water and nutrient transport in landscapes (Ü)***

Studierende besitzen nach erfolgreichem Besuch des Moduls

- Handlungswissen über bodenkundlich-hydrologische-vegetationsökologische Feldaufnahmen
- Vertiefte Kenntnisse in der Laboranalyse von Boden-, Pflanzen- und Wasserproben
- vertiefte Kenntnisse ökosystemarer Prozessabläufe
- vertiefte Kenntnisse bezüglich aktueller Forschungsthemen

***Ecological functions:***

***Scaling (VL)***

The successful student will understand that ecological processes have to be studied at the appropriate scale. Top-down and bottom-up are not only important concept in ecological theory but should also be considered to find the appropriate ecological methodology. Larger entities are not simply the sum of their components, but are likely to show emergent properties.

***Biodiversität der Pflanzen (VL)***

Die Studierenden haben ein vertieftes Wissen über die Verteilung von Biodiversität und die Ursachen und Konsequenzen ihrer Veränderung. Dabei wird neben ökologischen Parametern insbesondere die phylogenetische Geschichte der Pflanzen betont.

---

---

***Functional consequences of marine biodiversity change (S)***

Aktuelle Fragen der Biodiversitätsforschung werden in einem Workshop vermittelt, daran anschliessend folgt die Ausarbeitung eines Projektthemas, zu dem die Studierenden eine eigenständige Literaturlarbeit durchführen. Die Ergebnisse werden in einem Abschlusskolloquium vorgestellt. Der Kurs findet in Zusammenarbeit mit der Universität Groningen statt.

---

**Medienformen**

Beamer, Computer, Tafel, Folien

---

**Literatur**

*Ökologie der Pflanzen in Landschaften/Stoffhaushalte der Pflanzen in Landschaften/Ökologie der Tiere in Landschaften*

Tilman, D., Kareiva, P. (eds.) (1997): Spatial ecology. Princeton University Press, Princeton, NJ

Tilman, D. (1988): Plant strategies and the dynamics and structure of plant communities. Princeton University Press, Princeton, NJ.

Bazzaz, F.A. (1996): Plants in changing environments. Cambridge University Press, Cambridge

Hubbell, S.P. (2001): The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. Princeton University Press, Princeton, NJ.

Grime, J.P. (2001): Plant strategies, vegetation processes and ecosystem properties. Wiley, Chichester.

*Hydrogeologie*

Adler, G.H., Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Institut für Hydrologie (2000):

Hydrologischer Atlas von Deutschland. Deutschland.

Baumgartner, A. & Liebscher, H.-J. (1996): Allgemeine Hydrologie – Quantitative Hydrologie. Lehrbuch der Hydrologie, Band 1. Bornträger, Berlin.

Beven, K.-J. (2001): Rainfall-Runoff Modelling: The Primer. John Wiley & Sons.

Blume, H.-P. (2007): Handbuch des Bodenschutzes. Ecomed. 3. Auflage.

Blume, H.-P., Felix-Henningsen, P. & Fischer W. R. (1998): Handbuch der Bodenkunde. Verlag Hüthig Jehle Rehm. 7. Auflage.

Dyck & Peschke (1995): Grundlagen der Hydrologie; Verl. f. Bauwesen, 3. Auflage.

Knapp, B. (1989): Elements of geographical hydrology, Unwin Hyman, London.

Scheffer, F., Schachtschabel, P. (2002): Lehrbuch der Bodenkunde. Spektrum Akademischer Verlag. 15. Auflage.

Schultz, J. (2002): Die Ökozonen der Erde, UTB, 3. Auflage.

---

---

Grundlagen des Gewässerschutzes

C. Bliefert, 2002. Umweltchemie, 3. Aufl. Wiley-VCH, Weinheim,  
F. Press, R. Siever, 1995. Allgemeine Geologie, Spektrum, Heidelberg  
J. Matschullat, H.J. Topschall, H.-J. Voigt, 1997. Geochemie und Umwelt, Springer, Heidelberg

Umweltchemie

C. Bliefert, 2002. Umweltchemie, 3. Aufl. Wiley-VCH, Weinheim,  
F. Press, R. Siever, 1995. Allgemeine Geologie, Spektrum, Heidelberg  
J. Matschullat, H.J. Topschall, H.-J. Voigt, 1997. Geochemie und Umwelt, Springer, Heidelberg

Umweltphysik

J. P. Peixoto, A.H. Oort: Physics of Climate AIP 1993.  
G. Guyot: Physics of the environment and climate. Wiley 1997

Basic Ecological Processes

Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.

Interdisciplinary analysis of ecosystem processes and water and nutrient transport in landscapes

Wird zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.

Ecological functions:

Scaling

Niklas, K.J., 1994. Plant allometry: the scaling of form and process. Chicago University Press, Chicago.  
Schulze, E. D., E. Beck and K. Müller-Hohenstein. 2002. Pflanzenökologie. Berlin, Springer

Biodiversität der Pflanzen

Kevin Gaston & John Spicer – 1998 - Biodiversity – An Introduction, Blackwell Publ.

Functional consequences of marine biodiversity change

Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.

---

**Teilnahmevoraussetzung(en)**

Keine

---

**Nützliche Vorkenntnisse**

Vegetationskundliche, tierökologische und ökologische Kenntnisse, vergleichbar mit den entsprechenden Modulen im Bachelor Umweltwissenschaften

---

**Zu erbringende Studien- und Prüfungsleistungen**

1 benotete Prüfungsleistung:

Mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (Klausur ist zeitlich teilbar aber als Ganzes zu bewerten) mit Inhalten aus zwei Veranstaltungen; Art der Prüfungsleistung wird bei Semesterbeginn von den entsprechenden Prüfenden bekannt gegeben

---

---

Unbenotete Prüfungsleistungen:

Mündliche Prüfung oder Klausur oder Portfolio oder fachpraktische Übung oder aktive Teilnahme; Art der Prüfungsleistung wird bei Semesterbeginn von den entsprechenden Prüfenden bekannt gegeben

Aktive Teilnahme umfasst z.B. die regelmäßige Abgabe von Übungen, Anfertigung von Lösungen zu Übungsaufgaben, die Protokollierung der jeweils durchgeführten Versuche bzw. der praktischen Arbeiten, die Diskussion von Seminarbeiträgen oder Darstellungen von Aufgaben bzw. Inhalten in der Lehrveranstaltung in Form von Kurzberichten oder Kurzreferat

---

**Kriterien zur Erreichung der Notenpunkte**

Nach allgemeinen Standards als ausreichend zu bewertende Prüfungsleistung

---

<b>Studiengang</b>	<b>MSc Umweltmodellierung</b>
<b>Bereich</b>	<b>Profilierung</b>
<b>Modulbezeichnung</b>	<b>mar730 Energiesysteme</b>
<b>Modul-Code</b>	ES
<b>Semester / Dauer des Moduls</b>	1. und 2. Fachsemester / 2 Semester
<b>Zuordnung zu weiteren Studiengängen/Curricula</b>	MSc Physik, MSc Informatik
<b>Veranstaltungen</b>	<p>Aus der folgenden Liste müssen Veranstaltungen im Umfang von 12 KP belegt ausgewählt werden:</p> <p>VL/S Computational Fluid Dynamics I + II (6 KP)  VL Energy Meteorology I (Solar) (3 KP)  VL Energy Meteorology II (Wind) (3 KP)  VL Wind Energy (3 KP)  VL Wind Energy II (3 KP)  VL Solar Energy (3KP)  S Aktuelle Forschungsthemen der Windenergiemeteorologie (3 KP)</p>
<b>Lehrsprache</b>	Deutsch oder Englisch
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Dr. Detlev Heinemann
<b>Dozent/in/en/nen</b>	Dr. Detlev Heinemann, Prof. Dr. Joachim Peinke, Prof. Dr. Jürgen Parisi, Dr. Gerald Steinfeld, Dr. Bernhard Stoevesandt
<b>Arbeitsaufwand</b>	Kontaktzeit: 112 h, Selbststudium: 248 h
<b>Lern-/Lehrform</b>	VL, S
<b>Modulinhalt</b>	<p>Dieses Modul dient der Spezialisierung auf das Anwendungsgebiet Energiesysteme. Aus dem gesamten Angebot können die Studierenden Veranstaltungen entsprechend der von ihnen gewünschten Ausrichtung auf Wind- und/oder Sonnenenergie wählen.</p> <p><b>Computational Fluid Dynamics I+ II (VL, S)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Navier-Stokes-Equations</li> <li>- filtering/averaging of Navier- Stokes-Equations</li> <li>- introduction to numerical methods</li> <li>- finite-differences, finite-volumes methods</li> <li>- linear equation systems, NS-solvers, RANS, URANS, LES, DNS</li> <li>- turbulent flow, incompressible &amp; compressible flow</li> <li>- efficiency and accuracy</li> <li>- application of OpenFOAM and PALM models</li> </ul> <p><b>Energy Meteorology I (Solar)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Physics of radiative processes in the atmosphere</li> </ul>



- Physical modeling of atmospheric radiative transfer (incl. computing tools)
- Solar irradiance modeling for solar energy applications
- Solar spectral irradiance: Theory & relevance for solar energy systems
- Satellite-based estimation of solar irradiance
- Solar irradiance (& solar power) forecasting
- Solar radiation measurements: Basics & setup of high-quality measurement system

### ***Energy Meteorology II (Wind)***

- Dynamics of Horizontal Flow (forces, equation of motion, geostrophic wind, frictional effects, primitive equations, general circulation)
- Atmospheric Boundary Layer (turbulence, vertical structure, special BL effects)
- Atmospheric Flow Modeling: Linear models, RANS & LES models
- Wind farm modeling
- Offshore-Specific Conditions
- Resource Assessment & Wind Power Forecasting
- Wind Measurements & Statistics

### ***Wind Energy: I***

- physical properties of fluids
- wind characterization and anemometers,
- aerodynamic aspects of wind energy conversion,
- dimensional analysis, (pi-theorem)
- wind turbine performance
- design of wind turbines
- electrical systems

### ***Wind Energy: II***

- Abschätzung von Windenergie-Ressourcen (Weibull Verteilung, Grundlagen der WAsP Methode, Langzeit-Korrektur von Windmessdaten, Einfluss der Schichtungsstabilität, Windertrags- Abschätzungen, Ermittlung jährlicher Windertragspotentiale)
- Nachlaufeffekte und Windparks (Wiederherstellung des ursprünglichen Windfeldes in der Nachlaufströmung von Windturbinen, Grundlagen des Risø Models, Effizienz von Windturbinen in Windparks, Effekte von Windparks)
- Windpark Betrieb (Einflüsse auf den Energieertrag von Windparks)

### ***Solar Energy***

Components:

- Descriptions of components in stationary as well as dynamic installations: Mode of Operation, technology, characteristics
  - Photovoltaics (PV): Solar cells, PV generator, system components
  - Solar thermal collector (Flat Plate, Vacuum, Concentrating), thermal storage
- System:
-

- Descriptions of systems in stationary and dynamic installations: Construction, interaction of components, losses
- Photovoltaics: PV Island Systems, PV Grid-coupled systems, PV pumping systems, hybrid systems
- Solar Thermal: Hot water production, heat-supporting solar thermal systems, solar cooling, solar thermal power stations

***Aktuelle Forschungsthemen der Windenergiemeteorologie***

Das Seminar behandelt jeweils semesterweise Themenblöcke aus dem Bereich der meteorologischen Randbedingungen der Windenergie.

Beispiele hierfür sind: Offshore-spezifische Windbedingungen und deren Einfluss auf Windparks; Strömungsmodelle für Windfelder innerhalb und im Nachlauf von Windparks; großräumige meteorologische Einflüsse auf die Netzeinspeisung von Windenergie; numerische Methoden der windenergiespezifischen Strömungsmodellierung.

---

**Ziele des Moduls/Kompetenzen**

Die Studierenden besitzen die erforderlichen Fertigkeiten über Energiesysteme unterschiedlicher Art, um selbständig unterschiedlichen Probleme modellieren zu können.

***Computational Fluid Dynamics I+ II (VL, S)***

- provide basic knowledge in physical flow modeling and turbulence
- mathematical realizations, i.e., numerical methods
- overview of numerical techniques of practical relevance, capability of selecting a model for specific applications (strengths and weaknesses of various model classes)
- practice with state-of-the-art models

***Energiemeteorologie I (Solar)***

- Providing a solid understanding of physical processes governing the surface solar irradiance available for solar energy applications
- Developing skills in solar radiation modeling, i.e., expertise in application, adaptation and development of models
- Solid knowledge in state-of-the-art-methods in satellite-based irradiance estimation and solar power forecasting
- Detailed understanding of the influence of meteorological/climatological aspects on the performance of solar energy systems

***Energy Meteorology II (Wind)***

- Detailed understanding of the influence of meteorological/climatological aspects on the performance of wind power systems
  - Solid knowledge of physical processes governing
-

atmospheric wind flows

- Understanding atmospheric boundary layer flow relevant for wind power conversion
- Knowledge in methods for wind resource assessment and forecasting

### ***Windenergy I/Windenergy II***

The students acquire an advanced knowledge in the field of wind energy applications. Special emphasis is on connecting physical and technical skills with the know-how in the fields of logistics, management, environment, finances, and economy. Practice-oriented examples enable the students to assess and classify real wind energy projects. Special situations such as offshore wind farms and wind farms in non-European foreign countries are included to give the students an insight into the crucial aspects of wind energy also relating to non-trivial realizations as well as to operating wind farm projects.

### ***Solar Energy***

„Solar Energy“ conveys knowledge about Photovoltaic and Solar Thermal systems and components. The students learn to dimension and economically evaluate installations, on both a general and detailed level with the help of software.

Furthermore, the students will gain insight into the physical and engineering processes for solar energy utilization.

---

## **Literatur**

### *Computational Fluid Dynamics I+ II:*

J.H. Ferziger, M. Peric, Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer, 2002

C. Hirsch, Numerical Computation of Internal and External Flows: Introduction to the Fundamentals of CFD: Vol 1: The Fundamentals of Computational Fluid Dynamics, 2nd edition, Butterworth-Heinemann, 2007

P. Sagaut, Large Eddy Simulation for Incompressible Flows, Springer, 1998

J. Fröhlich, Large Eddy Simulationen turbulenter Strömungen, Teubner, 2006 (in German)

### *Energy Meteorology I (Solar):*

M. Iqbal: An Introduction to Solar Radiation (Academic Press, Toronto, 1983)

K.-N. Liou: An Introduction to Atmospheric Radiation, 2nd Ed. (Academic Press, Orlando, 2002)

Thomas, G. E. and K. Stamnes: Radiative Transfer in the Atmosphere and Ocean, Cambridge University Press, 1996.

A. Marshak, A. Davis (Eds.): 3D Radiative Transfer in Cloudy Atmospheres (Springer Berlin Heidelberg New York, 2005)

J.A. Duffie, W.A. Beckman: Solar Engineering of Thermal Processes, 2nd Ed. (Wiley & Sons, 1991)

### *Energy Meteorology II (Wind):*

---

J. R. Holton: An Introduction to Dynamic Meteorology (3rd Edition, Academic Press, New York, 1992)  
 Stull, R.B., 1988: An Introduction to Boundary Layer Meteorology. Kluwer Academic Pub.

Wind Energy I/Wind Energy II:

T. Burton et. al.: Wind Energy Handbook. John Wiley, New York, 2nd ed., 2011  
 R. Gasch, J. Twele: Wind Power Plants. Springer, 2nd ed., 2011.

Solar Energy:

Duffie, John A. & Beckman, William A. , 2006: Solar Engineering of Thermal Processes, Wiley.  
 Green, Martin A. , 1981: Solar cells : operating principles, technology and system applications, Prentice Hall.  
 Green, M.A., 2007: Third Generation Photovoltaics, Advanced Solar Energy Conversion, Springer Series in Photonics  
 Twidell, John & Weir, Toni, 2005: Renewable Energy Resources Taylor & Francis.

Aktuelle Forschungsthemen der

Windenergiemeteorologie:

themenspezifisch, wird jeweils im Seminar bekannt gegeben

<b>Teilnahmevoraussetzung(en)</b>	Keine
<b>Nützliche Vorkenntnisse</b>	Grundkenntnisse Mathematik, Physik
<b>Zu erbringende Studien- und Prüfungsleistungen</b>	<p><u>1 benotete Prüfungsleistung:</u>          Mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (Klausur ist zeitlich teilbar aber als Ganzes zu bewerten) mit Inhalten aus zwei Veranstaltungen; Art der Prüfungsleistung wird bei Semesterbeginn von den entsprechenden Prüfenden bekannt gegeben</p> <p><u>Unbenotete Prüfungsleistungen:</u>          Mündliche Prüfung oder Klausur oder Portfolio oder fachpraktische Übung oder aktive Teilnahme; Art der Prüfungsleistung wird bei Semesterbeginn von den entsprechenden Prüfenden bekannt gegeben</p> <p>Aktive Teilnahme umfasst z.B. die regelmäßige Abgabe von Übungen, Anfertigung von Lösungen zu Übungsaufgaben, die Protokollierung der jeweils durchgeführten Versuche bzw. der praktischen Arbeiten, die Diskussion von Seminarbeiträgen oder Darstellungen von Aufgaben bzw. Inhalten in der Lehrveranstaltung in Form von Kurzberichten oder Kurzreferat</p>
<b>Kriterien zur Erreichung der Notenpunkte</b>	Nach allgemeinen Standards als ausreichend zu bewertende Prüfungsleistung



<b>Studiengang</b>	<b>MSc Umweltmodellierung</b>
<b>Bereich</b>	<b>Profilierung</b>
<b>Modulbezeichnung</b>	<b>mar740 Umwelt- und Ressourcenökonomie</b>
<b>Modul-Code</b>	URÖ
<b>Semester / Dauer des Moduls</b>	1. und 2. Fachsemester / 2 Semester
<b>Zuordnung zu weiteren Studiengängen/Curricula</b>	Master Sustainability Economics and Management
<b>Veranstaltungen</b>	<p>Aus der folgenden Liste müssen Veranstaltungen im Umfang von 12 KP belegt ausgewählt werden:</p> <p>VL Umweltökonomie (3 KP)  VL Resource Economics (3KP)  VL Energy Economics (3KP)  VL Economics of Climate Change (3KP)  VL Umweltpolitik (3KP)</p>
<b>Lehrsprache</b>	Deutsch oder Englisch
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Heinz Welsch
<b>Dozent/in/en/nen</b>	Prof. Dr. Heinz Welsch, Prof. Dr. Christoph Böhringer, Prof. Dr. Carsten Helm, Prof. Dr. Klaus Eisenack
<b>Arbeitsaufwand</b>	Kontaktzeit: 112 h; Selbststudium 248 h
<b>Lern-/Lehrform</b>	VL
<b>Erreichbare Kreditpunkte/ECTS</b>	12 KP
<b>Modulinhalt</b>	<p>Dieses Modul dient der Spezialisierung auf das Anwendungsgebiet Umwelt- und Ressourcenökonomie. Aus dem gesamten Angebot können die Studierenden Veranstaltungen entsprechend der von ihnen gewünschten Ausrichtung wählen.</p> <p><b><i>Umweltökonomie</i></b>  Die Veranstaltung behandelt die ökonomische Theorie der Umwelt. Sie untersucht Umweltprobleme und Umweltpolitik mit den Methoden der Mikroökonomie und Wohlfahrtstheorie. Folgende Inhalte werden behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundlagen des Nachhaltigkeitsproblems</li> <li>- Normative und ethische Grundlagen</li> <li>- Nachhaltigkeitsbegriffe</li> <li>- Wohlfahrtstheorie und Umwelt</li> <li>- Ziele der Umweltpolitik</li> <li>- Instrumente der Umweltpolitik</li> <li>- Umweltpolitik bei Unsicherheit</li> <li>- Umweltwertung und Entscheidungsfindung</li> </ul> <p>Unterrichtssprache: deutsch</p>

---

### **Resource Economics**

This course deals with the economic theory of natural resource utilization from a normative and a positive perspective. The following issues are covered:

- Basic Concepts and Methods of Resource Economics
- The Basic Model of Natural Resource Utilization
- Non-Renewable Resources
- Renewable Resources/Fishery
- Forest Resources
- "Green" Accounting

Teaching language: English

### **Energy Economics**

This course deals with the economic analysis of energy markets and their regulation. The following issues are covered:

- Fundamentals of Energy Analysis
- Energy Resources
- The Coal Market – Perfect Competition
- The Oil Market – OPEC Cartel
- The Gas Market – Oligopoly
- Introduction to Electricity Markets
- Market Power in Electricity Markets
- Investment in Reliability
- Regulation of Electricity Markets

Teaching language: English

### **Economics of Climate Change:**

This course deals with economic causes of climate change and approaches, problems and impacts of climate change policy. The following issues are covered:

- The Science of Climate Change
- Why Climate Policy – Market Failure
- Cost-Benefit and Inter-temporal Problems
- International Cooperation
- Instruments of Climate Policy
- Climate Policy in Practice

Teaching language: English

### **Umweltpolitik**

Diese Veranstaltung behandelt Probleme der Umweltpolitik schwerpunktmäßig im Kontext nachhaltiger Entwicklung. Behandelt werden:

- Nachhaltige Entwicklung
- Bevölkerungswachstum
- Armut und internationale Verteilung
- Wirtschaftswachstum
- Internationale Entwicklungs- und Klimapolitik

Unterrichtssprache: deutsch

---

### **Ziele des Moduls**

Die Studierenden besitzen die erforderlichen Fertigkeiten über Umwelt- und Ressourcenökonomie,

---

---

um selbständig unterschiedliche Probleme modellieren zu können.

### ***Umweltökonomie, Umweltpolitik***

Studierende können die ökonomischen Strukturen, die hinter vielen Problemen im Umweltbereich stecken, herausarbeiten und Lösungsmöglichkeiten entwickeln. Dabei sind sie in der Lage, Anreize, wie sie sich verschiedenen Akteuren bieten, zu berücksichtigen und offen zu legen. Ausgehend von aktuellen Problemlagen verfügen die Studierenden über

- Verständnis der grundlegenden Problemstellungen und Zusammenhänge,
- Verständnis der relevanten Konzepte,
- Verständnis des Verhaltens typischer Akteure,
- Beherrschung der üblichen Modellbildung,
- Fähigkeit zur Einschätzung umweltökonomischer Probleme.

### ***Ressourcenökonomik, Energieökonomik***

Studierende erwerben ein Verständnis der normativen Probleme der Nutzung natürlicher Ressourcen, ihrer effizienten und optimalen Nutzung sowie des Funktionierens realer Ressourcenmärkte (insbesondere Energiemärkte) und ihrer Regulierung. Ausgehend von aktuellen Problemlagen verfügen die Studierenden über

- Verständnis der grundlegenden Problemstellungen,
- Verständnis der relevanten Konzepte,
- Beherrschung der Analysemethoden,
- Grundkenntnisse der jeweiligen Märkte, insbesondere Energiemärkte,
- Verständnis der Begründungen und Instrumente für die Regulierung von Energiemärkten.

### ***Economics of Climate Change***

Studierende erwerben die Fähigkeit, vor dem Hintergrund der naturwissenschaftlichen Grundlagen die ökonomischen Antriebskräfte des Klimawandels zu analysieren und regulatorisch-politische Lösungsansätze zu verstehen und zu bewerten. Sie verfügen über

- Verständnis der grundlegenden Problemstellungen,
- Verständnis der relevanten Konzepte,
- Beherrschung der Analysemethoden,
- Verständnis der intertemporalen und internationalen Anreizprobleme,
- Verständnis der Instrumente der Klimapolitik für die Regulierung von Energiemärkten.



<b>Literatur</b>	<p><u>Umweltökonomie / Umweltpolitik</u>  Feess, E. (2007): Umweltökonomie und Umweltpolitik. München: Vahlen.  Michaelis, P. (1996): Marktwirtschaftliche Instrumente der Umweltpolitik, Heidelberg: Physica.</p> <p><u>Resource Economics / Energy Economics</u>  Roger Perman et al.: Resource and Environmental Economics, Pearson 2003.  John Hartwick, Nancy Olewiler: The Economics of Natural Resource Use, 2nd edition, Addison Wesley 1997;  Carol Dahl: International Energy Markets, PennWell 2004;  Steven Stoft, Power System Economics : Designing Markets for Electricity, New York 2002;  IEA: World energy outlook, annual.  Knut Sydsaeter, Peter Hammond: Essential Mathematics for Economic Analysis, Pearson.</p> <p><u>Economics of Climate Change</u>  Wird in den Veranstaltungen bekannt gegeben</p>
<b>Teilnahmevoraussetzung(en)</b>	Keine
<b>Nützliche Vorkenntnisse</b>	Mikroökonomie
<b>Zu erbringende Studien- und Prüfungsleistungen</b>	<p><u>1 benotete Prüfungsleistung:</u>  Mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (Klausur ist zeitlich teilbar aber als Ganzes zu bewerten) mit Inhalten aus zwei Veranstaltungen; Art der Prüfungsleistung wird bei Semesterbeginn von den entsprechenden Prüfenden bekannt gegeben</p> <p><u>Unbenotete Prüfungsleistungen:</u>  Mündliche Prüfung oder Klausur oder Portfolio oder fachpraktische Übung oder aktive Teilnahme; Art der Prüfungsleistung wird bei Semesterbeginn von den entsprechenden Prüfenden bekannt gegeben</p> <p>Aktive Teilnahme umfasst z.B. die regelmäßige Abgabe von Übungen, Anfertigung von Lösungen zu Übungsaufgaben, die Protokollierung der jeweils durchgeführten Versuche bzw. der praktischen Arbeiten, die Diskussion von Seminarbeiträgen oder Darstellungen von Aufgaben bzw. Inhalten in der Lehrveranstaltung in Form von Kurzberichten oder Kurzreferat</p>
<b>Kriterien zur Erreichung der Notenpunkte</b>	Nach allgemeinen Standards als ausreichend zu bewertende Prüfungsleistung

<b>Studiengang</b>	<b>MSc Umweltmodellierung</b>
<b>Bereich</b>	<b>Schwerpunkt</b>
<b>Modulbezeichnung</b>	<b>mar750 Prozess- und systemorientierte Modellierung</b>
<b>Modul-Code</b>	PSM
<b>Schwerpunkt</b>	Schwerpunktfach Prozess- und systemorientierte Modellierung
<b>Semester / Dauer des Moduls</b>	2. und 3. Fachsemester / 2 Semester
<b>Zuordnung zu weiteren Studiengängen/Curricula</b>	MSc Marine Umweltwissenschaften, MSc Physik
<b>Veranstaltungen</b>	<p>Wird PSM als Schwerpunkt gewählt, müssen drei Veranstaltungspakete im Wert von 18 KP belegt werden, wobei pro Paket ein Umfang von 6 KP ausgewählt werden muss.</p> <p>Im <b>Ergänzungsbereich</b> müssen zwei Veranstaltungspakete im Wert von 12 KP belegt werden, wobei pro Paket ein Umfang von 6 KP ausgewählt werden muss.</p> <p><u>Modelle in der Populationsdynamik</u>  VL Modelle in der Populationsdynamik (3 KP)  Ü Modelle in der Populationsdynamik (3 KP)</p> <p><u>Theorie dynamischer Systeme</u>  VL Theorie dynamischer Systeme (3 KP)  Ü Theorie dynamischer Systeme (3 KP)</p> <p><u>Klimamodelle</u>  VL Klimamodelle: Theorie und Praxis (3 KP)  Ü Klimamodelle: Theorie und Praxis (3 KP)</p> <p><u>Theorie ökologischer Gemeinschaften</u>  VL Theorie ökologischer Gemeinschaften (3 KP)  Ü Theorie ökologischer Gemeinschaften (3 KP)</p> <p><u>Fluiddynamik</u>  VL Fluiddynamik I (3 KP)  VL Fluiddynamik II (3 KP)</p> <p><u>System Erde</u>  S Theoretische Ozeanographie (3 KP)  VL Schelfmeer- und Küstenozeanographie (3 KP)  S Kritische Zustände im System Erde (3 KP)  S Klimadynamik (3 KP)  VL, Ü, S Spezielle Methoden der prozess- und systemorientierten Modellierung (3 KP)  S Ökosystemmodelle (3 KP)</p>

<b>Lehrsprache</b>	Deutsch oder Englisch
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Ulrike Feudel
<b>Dozent/in/en/nen</b>	Prof. Dr. Ulrike Feudel, PD Dr. Jan Freund, Prof. Dr. Bernd Blasius, Prof. Dr. Jörg Wolff, Prof. Dr. Emil Stanev, Prof. Dr. Joachim Peinke
<b>Arbeitsaufwand</b>	Kontaktzeit: 168 h, Selbststudium: 372 h
<b>Lern-/Lehrform</b>	VL, S, Ü
<b>erreichbare Kreditpunkte/ECTS</b>	18 KP
<b>Modulinhalt</b>	<p>Dieses Modul vermittelt ein breites Spektrum von Methoden der prozess- und systemorientierten Modellierung einschließlich deren Anwendung in der Ökologie, der Klimadynamik und der Ozeanografie. Die Studierenden können je nach ihren persönlichen Interessen durch die Wahl bestimmter Veranstaltungen eigene Schwerpunkte im Modellierungsbereich wählen</p> <p><b><i>Modelle in der Populationsdynamik (VL+Ü)</i></b>  Zeitkontinuierliche und zeitdiskrete Modelle (Räuber-Beute-Wechselwirkungen, Konkurrenz, Nahrungsnetze), altersstrukturierte Modelle, räumlich aufgelöste Modelle, adaptive Modelle, stochastische Populationsmodelle, individuenbasierte Modellierung</p> <p><b><i>Theorie dynamischer Systeme (VL+Ü)</i></b>  Einführung in die Bifurkationstheorie: zeitliche Strukturbildung, Instabilitäten, Bifurkationen von Gleichgewichten und Zyklen; Einführung in die Chaostheorie: Attraktoren, Sattel, deren Charakteristika und Bifurkationen; Charakteristische Beispiele aus der Physik, Chemie und Biologie; Spezielle Probleme der Nichtlinearen Dynamik: Multistabilität, Synchronisation, Steuerung, Einfluss von Rauschen</p> <p><b><i>Klimamodelle: Theorie &amp; Praxis (VL+Ü)</i></b>  Einführung in die Bedienung komplexerer Klimamodelle. Vermittlung der mathematischen und physikalischen Grundlagen zum Verständnis der modellierten Prozesse und deren Implementierung in die Modelle. Erstellen von einfacheren Testfällen in den Teilsystemen Ozean und Atmosphäre, sowie Testfälle des gekoppelten Systems Ozean-Atmosphäre. Auswertung und Aufbereitung der Modellergebnisse.</p> <p><b><i>Theorie ökologischer Gemeinschaften (VL+Ü)</i></b>  Vermittlung der grundlegenden theoretischen Modelle für Artenreichtum: Populationsökologie vs. Gemeinschaftsökologie, Statistische Maße der Biodiversität, Rang-Abundanz Kurven, Konkurrenzmodelle: Lotka-Volterra Model vs. ressourcenbasierte Konkurrenz, Konkurrenz</p>

auf zwei Ressourcen, ökologische Nische, Mechanismen der Koexistenz, limitierende Ähnlichkeit, Konkurrenz auf einem Nischen-gradient, MacArthur-Levin-May Modell, Levins Modell und Kolonisierung-Konkurrenz Trade-off, Diversität-Stabilitäts Debatte, Inselbiogeographie und neutrale Theorie der Biodiversität

### ***Fluiddynamik I (VL)***

Grundgleichungen: Navier-Stokes-Gleichung, Kontinuitätsgleichung, Bernoulli-Gleichung; Wirbel- und Energiegleichungen; Laminare Flüsse und Stabilitätsanalyse; exakte Lösungen, Anwendungen.

### ***Fluiddynamik II (VL)***

Reynolds-Gleichung, Schließungsproblem und Schließungsansätze, Turbulenzmodelle: Kaskadenmodelle – Stochastische Modelle.

### ***Theoretische Ozeanographie (S)***

Vertiefung der theoretischen Grundlagen der hydrodynamischen Grundgleichungen in der Ozeanographie, Kontinuumshypothese, Erhaltungsgesetze, Bilanzgleichungen für Impuls, Temperatur, Salzgehalt, Druck und Dichte. Methoden der Störungsrechnung am Beispiel von Wellen. Schall-, Kapillar- und Oberflächenschwerewellen, sowie Wellen die durch die Rotation der Erde geprägt sind (Rossby- und Kelvinwellen). Geostrophische Strömungen und Satellitenmessungen. Reibungs- und Vermischungsprozesse. Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Ozean (Impuls, Wärme, Frischwasser). Ausgewählte Themen der theoretischen Ozeanographie

### ***Schelfmeer- und Küstenozeanographie (VL)***

Zirkulation im Schelfmeer und Küstenbereich; Hydrodynamik von Tideströmungen, Küstenwellen, windgetriebenen Transporten und die thermohaline Zirkulation (inkl. Suspensionsströmungen); Grundlagen von Küsten- und Bodengrenzschichten, ozeanischen Fronten und Wasseraustausch; Zirkulation in Ästuarien, Wattenmeer, Wasserstraßen, fast geschlossene Meeren und Schelfmeeren; Theoretische Anwendungen zum Austausch von Materie zwischen Land und Ozean.

### ***Kritische Zustände im System Erde (S)***

Diskussion aktueller Originalarbeiten aus der Umweltforschung, die vorrangig auf konzeptionellen Prozess-Modellen basieren (z.B. El Nino, thermohaline Zirkulation, Algenblüten, Wechsel von Wetterlagen, Dansgaard-Oeschger Ereignisse)

### ***Klimadynamik (S)***

Vermittlung der theoretischen Grundlagen der Klimadynamik, und die grundlegenden Gleichungen der Klimasysteme, inklusive Atmosphäre und Ozean. Strahlungsbilanzen und Wechselwirkung Atmosphäre-

---

Ozean. Mittlere Zustände von Atmosphäre, Ozean und Kryosphäre. Energie im klimatischen System und Wasserzyklen. Klimatische Moden und zeitliche Klimaschwankungen vom auf der Skala von Monaten bis Jahrtausenden (NAO und ENSO). Vorhersagbarkeit des klimatischen Systems.

***Spezielle Methoden der prozess- und systemorientierten Modellierung (VL, Ü, S)***

Spezialvorlesung (teilweise mit Übung) oder Seminar mit wechselnden Inhalten, um aktuelle Forschungsgebiete der prozess- und systemorientierten Modellierung darzustellen. Beispielhafte Inhalte: Numerische Methoden in der Ozeanographie, Gekoppelte Systeme, Synchronisation, Strukturbildung in räumlichen Systemen, Partikel in Strömungen, Biogeochemische Stoffkreisläufe

***Seminar Komplexe Systeme und Modellierung (S)***

Heranführung an aktuelle Themen in der Umweltmodellierung

***Ökosystemmodelle (S)***

Diskussion aktueller Arbeiten zur Modellierung von Prozessen in der Umwelt. Modellierung von Nahrungsnetzen, spezielle aquatische und terrestrische Ökosysteme, Ausbreitung von Schädlingen, Modellierung von biogeochemischen und ökologischen Netzwerken, Kopplung biologischer und physikalischer Prozesse, Modelle zur Evolution und Anpassung (evolutionäre Spieltheorie, molekulare Evolution, Modellierung qualitativer Parameter z.B. Fressbarkeit), selbstorganisierte Kritizität.

---

**Modulinhalt**

Dieses Modul vermittelt ein breites Spektrum von Methoden der prozess- und systemorientierten Modellierung einschließlich deren Anwendung in der Ökologie, der Klimadynamik und der Ozeanografie. Die Studierenden können je nach ihren persönlichen Interessen durch die Wahl bestimmter Veranstaltungen eigene Schwerpunkte im Modellierungsbereich wählen

***Modelle in der Populationsdynamik (VL+Ü)***

Zeitkontinuierliche und zeitdiskrete Modelle (Räuber-Beute-Wechselwirkungen, Konkurrenz, Nahrungsnetze), altersstrukturierte Modelle, räumlich aufgelöste Modelle, adaptive Modelle, stochastische Populationsmodelle, individuenbasierte Modellierung

***Theorie dynamischer Systeme (VL+Ü)***

Einführung in die Bifurkationstheorie: zeitliche Strukturbildung, Instabilitäten, Bifurkationen von Gleichgewichten und Zyklen; Einführung in die Chaostheorie: Attraktoren, Sattel, deren Charakteristika und Bifurkationen; Charakteristische Beispiele aus der

---

Physik, Chemie und Biologie; Spezielle Probleme der Nichtlinearen Dynamik: Multistabilität, Synchronisation, Steuerung, Einfluss von Rauschen

***Klimamodelle: Theorie & Praxis (VL+Ü)***

Einführung in die Bedienung komplexerer Klimamodelle. Vermittlung der mathematischen und physikalischen Grundlagen zum Verständnis der modellierten Prozesse und deren Implementierung in die Modelle. Erstellen von einfacheren Testfällen in den Teilsystemen Ozean und Atmosphäre, sowie Testfälle des gekoppelten Systems Ozean-Atmosphäre. Auswertung und Aufbereitung der Modellergebnisse.

***Theorie ökologischer Gemeinschaften(VL+Ü)***

Vermittlung der grundlegenden theoretischen Modelle für Artenreichtum: Populationsökologie vs. Gemeinschaftsökologie, Statistische Maße der Biodiversität, Rang-Abundanz Kurven, Konkurrenzmodelle: Lotka-Volterra Model vs. ressourcenbasierte Konkurrenz, Konkurrenz auf zwei Ressourcen, ökologische Nische, Mechanismen der Koexistenz, limitierende Ähnlichkeit, Konkurrenz auf einem Nischen-gradient, MacArthur-Levin-May Modell, Levins Modell und Kolonisierung-Konkurrenz Trade-off, Diversität-Stabilitäts Debatte, Inselbiogeographie und neutrale Theorie der Biodiversität

***Fluiddynamik I (VL)***

Grundgleichungen: Navier-Stokes-Gleichung, Kontinuitätsgleichung, Bernoulli-Gleichung; Wirbel- und Energiegleichungen; Laminare Flüsse und Stabilitätsanalyse; exakte Lösungen, Anwendungen.

***Fluiddynamik II (VL)***

Reynolds-Gleichung, Schließungsproblem und Schließungsansätze, Turbulenzmodelle: Kaskadenmodelle – Stochastische Modelle.

***Theoretische Ozeanographie (S)***

Vertiefung der theoretischen Grundlagen der hydrodynamischen Grundgleichungen in der Ozeanographie, Kontinuumshypothese, Erhaltungsgesetze, Bilanzgleichungen für Impuls, Temperatur, Salzgehalt, Druck und Dichte. Methoden der Störungsrechnung am Beispiel von Wellen. Schall-, Kapillar- und Oberflächenschwerewellen, sowie Wellen die durch die Rotation der Erde geprägt sind (Rossby- und Kelvinwellen). Geostrophische Strömungen und Satellitenmessungen. Reibungs- und Vermischungsprozesse. Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Ozean (Impuls, Wärme, Frischwasser). Ausgewählte Themen der theoretischen Ozeanographie

***Schelfmeer- und Küstenozeanographie (VL)***

Zirkulation im Schelfmeer und Küstenbereich;

---

Hydrodynamik von Tideströmungen, Küstenwellen, windgetriebenen Transporten und die thermohaline Zirkulation (inkl. Suspensions-strömungen); Grundlagen von Küsten- und Bodengrenzschichten, ozeanischen Fronten und Wasseraustausch; Zirkulation in Ästuarien, Wattenmeer, Wasserstraßen, fast geschlossene Meeren und Schelfmeeren; Theoretische Anwendungen zum Austausch von Materie zwischen Land und Ozean.

### ***Kritische Zustände im System Erde (S)***

Diskussion aktueller Originalarbeiten aus der Umweltforschung, die vorrangig auf konzeptionellen Prozess-Modellen basieren (z.B. El Nino, thermohaline Zirkulation, Algenblüten, Wechsel von Wetterlagen, Dansgaard-Oeschger Ereignisse)

### ***Klimadynamik (S)***

Vermittlung der theoretischen Grundlagen der Klimadynamik, und die grundlegenden Gleichungen der Klimasysteme, inklusive Atmosphäre und Ozean. Strahlungsbilanzen und Wechselwirkung Atmosphäre-Ozean. Mittlere Zustände von Atmosphäre, Ozean und Kryosphäre. Energie im klimatischen System und Wasserzyklen. Klimatische Moden und zeitliche Klimaschwankungen vom auf der Skala von Monaten bis Jahrtausenden (NAO und ENSO). Vorhersagbarkeit des klimatischen Systems.

### ***Spezielle Methoden der prozess- und systemorientierten Modellierung (VL, Ü, S)***

Spezialvorlesung (teilweise mit Übung) oder Seminar mit wechselnden Inhalten, um aktuelle Forschungsgebiete der prozess- und systemorientierten Modellierung darzustellen. Beispielhafte Inhalte: Numerische Methoden in der Ozeanographie, Gekoppelte Systeme, Synchronisation, Strukturbildung in räumlichen Systemen, Partikel in Strömungen, Biogeochemische Stoffkreisläufe

### ***Seminar Komplexe Systeme und Modellierung (S)***

Heranführung an aktuelle Themen in der Umweltmodellierung

### ***Ökosystemmodelle (S)***

Diskussion aktueller Arbeiten zur Modellierung von Prozessen in der Umwelt. Modellierung von Nahrungsnetzen, spezielle aquatische und terrestrische Ökosysteme, Ausbreitung von Schädlingen, Modellierung von biogeochemischen und ökologischen Netzwerken, Kopplung biologischer und physikalischer Prozesse, Modelle zur Evolution und Anpassung (evolutionäre Spieltheorie, molekulare Evolution, Modellierung qualitativer Parameter z.B. Fressbarkeit), selbstorganisierte Kritizität.

moderne Methoden der prozess- und systemorientierten Modellierung. Sie sind fähig selbständig Modelle unterschiedlicher Komplexität für umweltrelevante Fragestellungen zu entwerfen und auf dem Computer zu implementieren. Neben Simulationsmethoden beherrschen sie Methoden der Modellanalyse. Sie können sich rasch in neue Fragestellungen im Umweltbereich einarbeiten und Lösungsvorschläge auf der Basis von Modellen erarbeiten. Sie besitzen die Fähigkeit interdisziplinär zu denken und zu handeln und stets ganzheitliche Analysen von Umweltsystemen anzustreben.

Die Studierenden besitzen die Fähigkeit, zeitgemäße Analysemethoden und Simulationsverfahren der modernen Umweltforschung nachzuvollziehen und sind durch Selbststudium der aktuellen Literatur in der Lage, auch neueste Ansätze zu begreifen und einzuordnen.

Die Studierenden besitzen die Fähigkeit, Publikationen der Fachliteratur kritisch zu würdigen, prozess- und systemorientierte Umweltsystemmodelle zu verschiedenen Fragestellungen zu konzipieren und die Resultate von Modellstudien im Rahmen einer speziellen Fragestellung zu interpretieren.

Die Kompetenzen, die man in den einzelnen Veranstaltungen erwirbt, sind separat aufgelistet.

***Modelle in der Populationsdynamik (VL+Ü) / Ökosystemmodelle (S) / Theorie ökologischer Gemeinschaften (VL+Ü)***

Die Studenten besitzen die Fähigkeit einfache Ökosystemmodelle zu erstellen, zu analysieren und auf dem Computer zu simulieren. Sie beherrschen die Grundprinzipien des Aufbaus von Ökosystemmodellen und können diese auch selbst für einfache Probleme erstellen.

***Theorie dynamischer Systeme (VL+Ü) / Kritische Zustände im System Erde (S) / Spezielle Methoden der prozess- und systemorientierten Modellierung***

Umweltsystemmodelle zu verschiedensten Fragestellungen zu analysieren und die Resultate der Untersuchungen mit Umweltsystemmodellen auf spezielle Fragestellungen anzuwenden.

---

**Literatur**

*Modelle in der Populationsdynamik*

F. Brauer/C. Castillo-Chavez: Mathematical Models in Population Biology and Epidemiology. Springer, 2001

A.D.Bazykin: Nonlinear dynamics of interacting populations. World Scientific, 2000.

H. Caswell: Matrix Population Models. Sinauer 2001.

L. Edelstein-Keshet: Mathematical Models in Biology. Birkhäuser, 1988.

J.D. Murray: Mathematical Biology I und II. Springer,

---



2001.

Theorie dynamischer Systeme

J. Guckenheimer und P. Holmes: Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems, and Bifurcations of Vector Fields, Springer, 1983.

J. Argyris, G. Faust, M. Haase: Die Erforschung des Chaos, Vieweg, 1994.

E. Ott: Chaos in Dynamical Systems. Cambridge, 2002.

P. Schuster: Deterministisches Chaos. Verlag Chemie Weinheim, 1994.

Klimamodelle: Theorie & Praxis

Aktuelle Publikationen aus Fachzeitschriften, die in der Veranstaltung bekannt gegeben werden.

Fluiddynamik

D. J. Tritton: Physical fluid dynamics. Clarendon Press, Oxford, 2003

G. K. Batchelor: An introduction to fluid dynamics. Cambridge University Press, Cambridge, 2002

U. Frisch: Turbulence: the legacy of A. N. Kolmogorov. Cambridge University Press, Cambridge, 2001

J. Mathieu, J. Scott: An introduction to turbulent flow. Cambridge University Press, Cambridge, 2000

P.A. Davidson: turbulence Oxford 2004

Kritische Zustände im System Erde

Aktuelle Publikationen aus Fachzeitschriften, die in der Veranstaltung bekannt gegeben werden.

Theoretische Ozeanographie

W. Krauss, 1973 Methoden und Ergebnisse der Theoretischen Ozeanographie, Gebr. Borntraeger

J. Pedlosky, 2003, Waves in the Ocean and Atmosphere, Springer

Klimadynamik

Aktuelle Publikationen aus Fachzeitschriften, die in der Veranstaltung bekannt gegeben werden.

Spezielle Methoden der prozess- und systemorientierten Modellierung

Aktuelle Publikationen aus Fachzeitschriften, die in der Veranstaltung bekannt gegeben werden.

Ökosystemmodelle

Aktuelle Publikationen aus Fachzeitschriften, die in der Veranstaltung bekannt gegeben werden.

<b>Teilnahmevoraussetzung(en)</b>	Keine
<b>Nützliche Vorkenntnisse</b>	Erfahrung im Umgang mit MATLAB u. MAPLE
<b>Zu erbringende Studien- und Prüfungsleistungen</b>	<u>1 benotete Prüfungsleistung:</u> Mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (Klausur ist

zeitlich teilbar aber als Ganzes zu bewerten) mit Inhalten aus zwei Veranstaltungspaketen; Art der Prüfungsleistung wird bei Semesterbeginn von den entsprechenden Prüfenden bekannt gegeben

Unbenotete Prüfungsleistungen:

Mündliche Prüfung oder Klausur oder Portfolio oder fachpraktische Übung oder aktive Teilnahme; Art der Prüfungsleistung wird bei Semesterbeginn von den entsprechenden Prüfenden bekannt gegeben

Aktive Teilnahme umfasst z.B. die regelmäßige Abgabe von Übungen, Anfertigung von Lösungen zu Übungsaufgaben, die Protokollierung der jeweils durchgeführten Versuche bzw. der praktischen Arbeiten, die Diskussion von Seminarbeiträgen oder Darstellungen von Aufgaben bzw. Inhalten in der Lehrveranstaltung in Form von Kurzberichten oder Kurzreferat

---

**Kriterien zur Erreichung der  
Notenpunkte**

---

<b>Studiengang</b>	MSc Umweltmodellierung
<b>Bereich</b>	<b>Schwerpunkt</b>
<b>Modulbezeichnung</b>	<b>mar760 Statistische und Stochastische Modellierung</b>
<b>Modul-Code</b>	SM
<b>Schwerpunkt</b>	Schwerpunktfach Statistische und Stochastische Modellierung
<b>Semester / Dauer des Moduls</b>	2. und 3. Fachsemester / 2 Semester
<b>Zuordnung zu weiteren Studiengängen/Curricula</b>	MSc Marine Umweltwissenschaften, MSc Physik
<b>Veranstaltungen</b>	<p>Wird SM als Schwerpunkt gewählt, müssen drei Veranstaltungspakete im Wert von 18 KP belegt werden, wobei pro Paket ein Umfang von 6 KP ausgewählt werden muss.</p> <p>Im <b>Ergänzungsbereich</b> müssen zwei Veranstaltungspakete im Wert von 12 KP belegt werden, wobei pro Paket ein Umfang von 6 KP ausgewählt werden muss.</p> <p><u>Statistische Ökologie</u>  VL Statistische Ökologie (3 KP)  Ü Statistische Ökologie (3 KP)</p> <p><u>Zeitreihenanalyse</u>  VL Zeitreihenanalyse (3 KP)  Ü Zeitreihenanalyse (3 KP)</p> <p><u>Stochastische Prozesse</u>  VL Stochastische Prozesse (3 KP)  Ü Stochastische Prozesse (3 KP)</p> <p><u>Multivariate Statistik</u>  VL Multivariate Statistik (3 KP)  Ü Multivariate Statistik (3 KP)</p> <p><u>Statistische Analyse</u>  Ü Einführung in die statistische Analyse ökologischer Daten (3KP)  Ü Modellierung Räumlicher Daten (3 KP)  Ü Analyse vegetationsökologischer Daten (3 KP)  VL,Ü, S Spezielle Methoden der Statistischen und Stochastischen Modellierung (3 KP)</p>
<b>Lehrsprache</b>	Deutsch oder Englisch
<b>Modulverantwortliche/r</b>	PD Dr. Jan Freund
<b>Dozent/in/en/nen</b>	Biedermann R., Freund J., Minden V., Peppler-Lisbach C., Stecking R.
<b>Arbeitsaufwand</b>	Kontaktzeit: 168 h, Selbststudium: 372 h
<b>Lern-/Lehrform</b>	VL, S, Ü

**Modulinhalt**

Dieses Modul vermittelt ein breites Spektrum von Methoden der statistischen Modellierung, einschließlich von Methoden zur Behandlung stochastischer Systeme und deren Anwendung in den Umweltwissenschaften. Die Studierenden können je nach ihren persönlichen Interessen durch die Wahl bestimmter Veranstaltungen eigene Schwerpunkte im Modellierungsbereich wählen

***Statistische Ökologie (VL+Ü)***

Einführung in die elementare Wahrscheinlichkeitsrechnung, grundlegende Verteilungen, das Schätzproblem, Schätzung von Populationsanteilen, Capture-Recapture Experimente, Transekt- und Abstandsverfahren, Erfassung von Arten, Diversitätsindizes

***Zeitreihenanalyse (VL+Ü)***

Zeitreihen als Realisierungen stochastischer Prozesse, Schätzung von Prozessdeskriptoren, Komponentenmodell, Trendbereinigung, spektrale Methoden, Filterung, lineare Prozesse, nichtlineare Prozesse, Einbettungsverfahren, Dimensionen, Lyapunovexponent, symbolische Dynamik, nichtlineare Rauschreduktion.

***Stochastische Prozesse (VL+Ü)***

Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung, Charakterisierung stochastischer Prozesse im Zeit- und Frequenzbereich, Chapman-Kolmogorov-, Master-, Fokker-Planck Gleichung, stochastische Differentialgleichungen, stochastische Simulationen (Ornstein-Uhlenbeck Prozess & numerische Integration von SDEs, Geburts- und Sterbe-Prozess & Gillespie Algorithmus).

***Multivariate Statistik (VL+Ü)***

Lineare und Logistische Regressionsanalyse, Diskriminanzanalyse, Hauptkomponentenanalyse, Clusterverfahren, Variablenselektion, Modellvalidierung.

***Einführung in die statistische Analyse ökologischer Daten (Ü)***

Grundlegende Methoden der explorativen Statistik und statistische Tests im Zusammenhang mit ökologischen Daten: Untersuchungsdesign, Explorative Datenanalyse, Verteilungstests, Datentransformation, Chi<sup>2</sup>-Test, Anova, Kruskal-Wallis-Test, t- u. U-Test, multiple Vergleiche, post-hoc-Tests

***Modellierung räumlicher Daten (Ü)***

Verfahren der Habitatmodellierung, Grundlagen der räumlich expliziten Analyse von Art-Umwelt-Beziehungen und der räumlichen Vorhersage der Umweltansprüche von Arten, raumabhängige Mess-

---

---

oder Beobachtungsdaten mit Methoden der räumlichen Statistik bzw. der Geostatistik: lineare (OLS-) Regression, GLM (logistische Regression, Poisson-Regression), Räumlich explizite Modellierung, GIS-Einbindung, Räumliche Statistik

**Analyse vegetationsökologischer Daten (Ü)**

Clusteranalyse, Statistische Treuemaße, Verfahren der Ordination: indirekte Verfahren (PCA, CA, DCA) sowie kanonische Verfahren (RDA, CCA)

**Spezielle Methoden der Statistischen / Stochastischen Modellierung (VL, Ü, SE)**

Spezialvorlesung (teilweise mit Übung) oder Seminar mit wechselnden Inhalten, um aktuelle Forschungsgebiete der statistischen und stochastischen Modellierung darzustellen. Beispielhafte Inhalte: z.B. *Korrelation, Kausalität und ihre Rekonstruktion aus multivariaten Zeitreihen, Generalisierte Regression, Mathematische Grundlagen der Angewandten Statistik, Computerintensive Verfahren.*

**Seminar Komplexe Systeme und Modellierung (S)**

Heranführung an aktuelle Themen in der Umweltmodellierung

---

**Ziele des Moduls**

Die Studenten besitzen die Fähigkeit Umweltdaten mit Verfahren der deskriptiven und schließenden Statistik auszuwerten. Sie erwerben neben einem theoretischen Verständnis der Analyseverfahren auch Umgang und praktische Erfahrung mit algorithmischen Verfahren zur statistischen Analyse und zur numerischen Simulation von stochastischen Umweltsystemen. Hierbei erlernen sie die Handhabung der freien Statistik Software *R*. Die Studenten sind in der Lage, die Erhebung von Umweltdaten zu planen, diese statistisch auszuwerten und im Rahmen stochastischer Modelle zu Prognosezwecken einzusetzen.

Die Studenten besitzen die Fähigkeit, zeitgemäße Analysemethoden und Simulationsverfahren der modernen Umweltforschung nachzuvollziehen und sind durch Selbststudium der aktuellen Literatur in der Lage, auch neueste Ansätze zu begreifen und einzuordnen.

Die Studenten besitzen die Fähigkeit, Publikationen der Fachliteratur kritisch zu würdigen, statistische Umweltsystemmodelle zu verschiedenen Fragestellungen zu konzipieren und die Resultate von Modellstudien im Rahmen einer speziellen Fragestellung zu interpretieren.

---

**Literatur**

Statistische Ökologie

D. Pfeifer, H.-P. Bäumler & U. Schleier: Grundzüge der statistischen Ökologie. CvO Univ., Inst. für Math. Stochastik; 1996.

L.J. Young & J.H. Young: Statistical ecology: a population perspective. Kluwer Academic Publ.; 1998.

M. Begon, J.L. Harper & C.R. Townsend: Ökologie:

---

---

Individuen, Populationen und Lebensgemeinschaften. Birkhäuser, 1991.  
C.J. Krebs: Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance. Benjamin Cummings u.a.; 2009.  
E.C. Pielou: Mathematical ecology. Wiley; 1977.  
O. Richter & D. Söndgerath: Parameter estimation in ecology: the link between data and models. VCH; 1990.

#### Zeitreihenanalyse

R. Schlittgen & B. Streitberg: Zeitreihenanalyse. Oldenbourg; 2001.  
R. Schlittgen: Angewandte Zeitreihenanalyse mit R. Oldenbourg; 2012.  
R.H. Shumway & D.S. Stoffer: Time series analysis and its applications: with R examples. Springer Science+Business Media, LLC; 2011.  
H. Kantz & T. Schreiber: Nonlinear time series analysis. Cambridge Univ. Press; 2005.  
H.D.I. Abarbanel: Analysis of observed chaotic data. Springer, 1996.  
M.B. Priestley: Spectral analysis and time series. Acad. Pr.; 1981.

#### Stochastische Prozesse

C.W. Gardiner: Handbook of stochastic methods: for physics, chemistry and the natural sciences. Springer; 2002.  
N.G. van Kampen: Stochastic processes in physics and chemistry. Elsevier; 2007.  
J. Honerkamp & K. Lindenberg: Stochastic dynamical systems: concepts, numerical methods, data analysis. Wiley-VCH; 1994.  
H. Risken: The Fokker-Planck equation: methods of solution and applications. Springer, 1989.  
L. Schimansky-Geier: Stochastic dynamics. Springer; 1997.  
V.S. Anishchenko, V. Astakhov, A. Neiman, L. Schimansky-Geier & T. Vadivasova: Nonlinear dynamics of chaotic and stochastic systems: tutorial and modern developments. Springer; 2006.

#### Multivariate Statistik

K. Backhaus et al.: Multivariate Analysemethoden (12. Aufl.). Springer; 2008.  
H.P. Litz: Multivariate Statistische Methoden. Oldenbourg; 2000.  
J. Hartung & B. Elpelt: Multivariate Statistik. Oldenbourg; 1995.  
M. Berthold & D.J. Hand: Intelligent Data Analysis (2. Aufl.). Springer; 2003.  
I.H. Witten & E. Frank: Data Mining. Morgan Kaufmann; 2000.

#### Einführung in die statistische Analyse ökologischer Daten

---

---

M.J. Crawley: The R Book. Wiley & Sons; 2007.  
M. Logan: Biostatistical Design and Analysis Using R. Wiley-Blackwell; 2010.  
C.F. Dormann & I. Kühn: Angewandte Statistik für die biologischen Wissenschaften [http://cran.r-project.org/doc/contrib/Dormann+Kuehn\\_AngewandteStatistik.pdf](http://cran.r-project.org/doc/contrib/Dormann+Kuehn_AngewandteStatistik.pdf); 2008.

#### Modellierung räumlicher Daten

J. Franklin: Mapping Species Distributions: Spatial Inference and Prediction. Cambridge University Press; 2010.  
C.F. Dormann, T. Blaschke, A. Lausch, B. Schröder & D. Söndgerath: Habitatmodelle – Methodik, Anwendung, Nutzen. UFZ-Berichte 9/2004; 2004.  
J.M. Scott et al.: Predicting species occurrences: issues of accuracy and scale. Island Press; 2002.  
I. Hanski: Metapopulation ecology. Oxford University Press; 1999.

#### Analyse vegetationsökologischer Daten

P. Legendre & L. Legendre: Numerical ecology 2nd ed. – Elsevier; 1998.  
I. Leyer & K. Wesche: Multivariate Statistik in der Ökologie. – Springer; 2007.  
B. McCune & J.B. Grace: Analysis of ecological communities. MJM Software Design. Gleneden Beach; 2002.

#### Spezielle Methoden der Statistischen und Stochastischen Modellierung

Aktuelle Publikationen aus Fachzeitschriften, die in der Veranstaltung bekannt gegeben werden.

---

<b>Teilnahmevoraussetzung(en)</b>	Keine
<b>Nützliche Vorkenntnisse</b>	Erfahrung im Umgang mit MATLAB u. MAPLE, Kenntnisse einer höheren Programmiersprache (C, C++, FORTRAN etc.)
<b>Zu erbringende Studien- und Prüfungsleistungen</b>	<u>1 benotete Prüfungsleistung:</u> Mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (Klausur ist zeitlich teilbar aber als Ganzes zu bewerten) mit Inhalten aus zwei Veranstaltungspaketen; Art der Prüfungsleistung wird bei Semesterbeginn von den entsprechenden Prüfenden bekannt gegeben  <u>Unbenotete Prüfungsleistungen:</u> Mündliche Prüfung oder Klausur oder Portfolio oder fachpraktische Übung oder aktive Teilnahme; Art der Prüfungsleistung wird bei Semesterbeginn von den entsprechenden Prüfenden bekannt gegeben  Aktive Teilnahme umfasst z.B. die regelmäßige Abgabe von Übungen, Anfertigung von Lösungen zu Übungsaufgaben, die Protokollierung der jeweils durchgeführten Versuche bzw. der praktischen Arbeiten,

---

---

die Diskussion von Seminarbeiträgen oder Darstellungen von Aufgaben bzw. Inhalten in der Lehrveranstaltung in Form von Kurzberichten oder Kurzreferat

---

**Kriterien zur Erreichung der  
Notenpunkte**

---



<b>Studiengang</b>	<b>MSc Umweltmodellierung</b>
<b>Bereich</b>	<b>Schwerpunkt</b>
<b>Modulbezeichnung</b>	<b>mar770 Modellierung großer Systeme</b>
<b>Modul-Code</b>	MGS
<b>Fakultät/Institut</b>	Fak. II, Department Informatik
<b>Studiengang</b>	Master Umweltmodellierung
<b>Schwerpunkt</b>	Modellierung großer Systeme
<b>Modulart</b>	Wahlpflicht, Aufbaumodul
<b>Semester / Dauer des Moduls</b>	2. und 3. Fachsemester / 2 Semester
<b>Zuordnung zu weiteren Studiengängen/Curricula</b>	MSc Informatik, Bachelor Informatik, MSc Physik, MSc Sustainability Economics and Management
<b>Veranstaltungen</b>	<p>Wird MGS als Schwerpunkt gewählt, müssen drei Veranstaltungspakete im Wert von 18 KP belegt werden, wobei pro Paket ein Umfang von 6 KP ausgewählt werden muss.</p> <p>Im <b>Ergänzungsbereich</b> müssen zwei Veranstaltungspakete im Wert von 12 KP belegt werden, wobei pro Paket ein Umfang von 6 KP ausgewählt werden muss.</p> <p><u>Softwaretechnik</u>  VL Softwaretechnik (4,5 KP)  Ü Softwaretechnik (1,5 KP)</p> <p><u>Modellbildung und Simulation ökologischer Systeme</u>  VL Modellbildung und Simulation ökologischer Systeme (4,5 KP)  Ü Modellbildung und Simulation ökologischer Systeme (1,5 KP)</p> <p><u>Umweltinformationssysteme</u>  VL Umweltinformationssysteme (4,5 KP)  Ü Umweltinformationssysteme (1,5 KP)</p> <p><u>Computerorientierte Physik</u>  VL Computerorientierte Physik (3 KP)  Ü Computerorientierte Physik (3 KP)</p> <p><u>Betriebliche Umweltinformationssysteme</u>  VL Betriebliche Umweltinformationssysteme (3 KP)  Ü Betriebliche Umweltinformationssysteme (3 KP)</p> <p><u>Methods in Macroeconomics</u>  VL Decision under Risk and Uncertainty (3 KP)  S Computational Economics (3 KP)</p>

### Computation and Methods

VL Kurzer Weg zur Physik komplexer Netzwerke (3 KP)  
VL Spezielle Methoden der Modellierung großer Systeme

<b>Lehrsprache</b>	Deutsch oder Englisch
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Michael Sonnenschein
<b>Dozent/in/en/nen</b>	Prof. Dr. Michael Sonnenschein, Dr. Ute Vogel, Prof. Dr. Angelika May, Prof. Dr. Alexander Hartmann, Prof. Dr. Christoph Böhringer, Prof. Dr. Jorge Marx Gómez, Prof. Dr. Andreas Winter
<b>Arbeitsaufwand</b>	Kontaktzeit: 168 h, Selbststudium: 372 h
<b>Lern-/Lehrform</b>	VL, Ü, S
<b>Erreichbare Kreditpunkte/ECTS</b>	18 KP
<b>Modulinhalt</b>	<p>Dieses Modul vermittelt ein breites Spektrum von Methoden der Modellierung großer Systeme, einschließlich von Informationssystemen, Netzwerk-Methoden, Software-Entwicklungsmethoden und deren Anwendung in den Umweltwissenschaften. Die Studierenden können je nach ihren persönlichen Interessen durch die Wahl bestimmter Veranstaltungen eigene Schwerpunkte im Modellierungsbereich wählen.</p> <p><b>Softwaretechnik (VL+Ü)</b> Ziel des Moduls Softwaretechnik ist Vermittlung der grundlegenden Methoden und Techniken des Software-Engineerings entlang des Softwarelebenszyklus. Diese Methoden und Techniken werden im Rahmen der Übung an praktischen Beispielen eingeübt. Nach Abschluss des Moduls kennen die Studierenden die zentralen Aktivitäten der Software-Entwicklung, grundlegende Modellierungstechniken der UML, Grundlagen der Verfahren und Techniken zur Anforderungsdefinition, zum Software-Entwurf, zur Qualitätssicherung und zur Software-Evolution. Sie können diese Methoden und Hilfsmittel den verschiedenen Phasen von Projekten zuordnen, bewerten und anwenden.</p> <p><b>Modellbildung und Simulation ökologischer Systeme (VL+Ü)</b> Methoden der Modellbildung und Simulation dienen zunächst dem Ziel eines vertieften Verständnisses von Wirkungszusammenhängen in dynamischen Systemen. Für den Anwendungsbereich der Ökologie gibt es hierzu zahlreiche methodische Ansätze wie z.B. Wirkungsgraphen, Differentialgleichungssysteme, Markov-Modelle, L-Systeme, zelluläre Automaten oder individuenorientierte Modelle, die im Rahmen der Veranstaltung vorgestellt und mit Beispielen veranschaulicht werden. Hierbei werden auch</p>

Grundkonzepte ökologischer Systeme deutlich. Den Modellierungsmethoden stehen Simulationsverfahren zur Ausführung der Modelle zur Seite, die jeweils im Kontext behandelt werden.

Zur Anwendung solcher Methoden wurden und werden Software-Werkzeuge entwickelt, deren Aufbau und Funktionsweise exemplarisch behandelt wird.

Insbesondere werden Werkzeuge zur Simulation mathematischer Modelle sowie zur individuenorientierten Simulation eingeführt und in Übungen eingesetzt werden.

Die Interpretation von Simulationsergebnissen führt schließlich zur Behandlung von Verfahren der Modellvalidierung und zur Diskussion der Prognosequalität von Modellen.

Das Modul „Modellbildung und Simulation ökologischer Systeme“ wird flankiert durch das Modul „Umweltinformationssysteme“, in dem Konzepte der persistenten Speicherung räumlicher Information, sowie Konzepte der Datenanalyse behandelt werden. Die Module sind jedoch inhaltlich unabhängig voneinander.

### ***Umweltinformationssysteme (VL+Ü)***

Umweltinformationssysteme stellen Informationen über den Zustand der Umwelt für Verwaltungen und öffentliche Einrichtungen, Unternehmen oder interessierte Bürger zur Verfügung. Die Erfassung, Speicherung und Auswertung dieser Informationen stellt auch aus Sicht der Informatik interessante Aufgaben dar.

Im Rahmen der Vorlesung werden wir die einzelnen Schritte der Verarbeitung von Umweltinformationen untersuchen, d. h.

- Probleme der Datenerfassung und -aufbereitung betrachten,
- Datenstrukturen und Datenbank-Konzepte für einen effizienten Zugriff auf die (üblicherweise) räumlichen Daten kennen lernen,
- Verfahren zur Datenanalyse (insbesondere aus der Geostatistik und dem Data Mining) vorstellen,
- ein Verfahren zur multikriteriellen Entscheidungsunterstützung einführen, sowie
- das Konzept der Metadaten zur Unterstützung der Bereitstellung von Daten thematisieren.

Das Modul „Umweltinformationssysteme“ wird flankiert durch das Modul „Modellbildung und Simulation ökologischer Systeme“, in dem dynamische Aspekte von Umweltsystemen (vorwiegend ökologischen Systeme) behandelt werden. Die Module sind jedoch inhaltlich unabhängig voneinander.

### ***Computerorientierte Physik (VL+Ü)***

Mehr als 20 Prozent aller wissenschaftlichen Veröffentlichungen basieren heutzutage auf Computersimulationen. Diese Vorlesung bietet eine Einführung in das Gebiet und behandelt die gängigsten

---

Verfahren. Ein zentraler Bestandteil sind praktische Übungen am Computer, denn am wichtigsten sind in diesem Bereich praktische Fähigkeiten. Wichtige Kapitel (jedes Semester eine Auswahl davon):

Datenstrukturen, Algorithmen, Perkolation, Monte-Carlo Simulationen, Finite-Size Scaling, neuronale Netze, Molekulardynamik Simulationen, Ereignisgetriebene Simulationen, Quanten Monte Carlo, Graphen +Algorithmen, genetische Algorithmen, Optimierungsprobleme

### ***Decision under Risk and Uncertainty (VL)***

Main Topics are the following:

maximize expected utility; binomial games and limits thereof; individual decision making under risk; ex-ante and ex-post consideration; certainty equivalent and insurance premium; option price and option value; risk and irreversibility; catastrophe risk; statistical models for natural catastrophes; environmental cost-benefit-analysis; decision making under uncertainty, payoff and regret matrix; Hurwicz criterion; Bernoulli model; risk hedging strategies, value of information.

### ***Betriebliche Umweltinformationssysteme (VL)***

In der Veranstaltung werden die sich aus den Umweltbedingungen der Unternehmen ergebenden Probleme thematisiert und aufgezeigt, welche Methoden, Verfahren und Techniken der Informationsverarbeitung bereitstellen können, die Problemlösung zu unterstützen. Dabei werden insbesondere Informatik-gestützte Verfahren des produktionsintegrierten Umweltschutzes, des Umweltcontrolling und der Umweltberichterstattung dargestellt und diskutiert. Um diese Maßnahmen vertieft in den Kontext des Umweltschutzes zu integrieren, ist es erforderlich, auch Probleme des Umweltmanagements und der Umweltmanagementsysteme als Basis und Kontextinformationen zu vermitteln. Weil insbesondere eine synoptische Betrachtung von Produktion einerseits und Demontage und Recycling andererseits zu der Erwartung Anlass gibt, Umweltschutzaktivitäten zu a priori vermeiden, wird diesem Aspekt eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Aufgrund der Tatsache, dass sich die betriebliche Umweltinformatik als eigenständige Disziplin etabliert hat, ist es auch erforderlich allgemeine Grundlagen und Basiskonzepte in die Wissensvermittlung einzubeziehen. Die Studierenden sollen befähigt werden, Konzepte und Methoden z.B. der Stoffstromanalyse bzw. des Stoffstrommanagement, ihre Einbindung in das Umweltmanagement und insbesondere Standardsoftware für die Durchführung von Stoffstromanalysen kennen und beherrschen zu können. Inhalte des Moduls sind

- Umweltmanagement als Grundlage der Nachhaltigkeit
-

- Nachhaltigkeit und Stoffstrommanagement
- Strategisches Umweltmanagement
- Operatives Umweltmanagement
- Ökocontrolling Kreislauf
- Charakterisierung Betrieblicher Umweltinformationssysteme
- BUIS Architekturen
- Standardsoftwaresysteme
- Ökobilanzierungssysteme

### ***Computational Economics (SE)***

Energy markets are a primary target for policy regulation since they play a key role in the provision of basic services and account for major environmental hazards such as global warming or nuclear waste. The justification and design of regulatory policies require insights into the potential trade-offs between overall economic performance, distributional considerations, and environmental quality: Accomplishing one objective frequently means backpedaling on another. Against this background, numerical methods to quantify the implications of policy interference are essential for decision support.

### ***Kurzer Weg zur Physik komplexer Netzwerke (VL)***

Zusammenhänge zwischen den Bestandteilen physikalischer, biologischer und sozialer Systeme lassen sich oft durch Verwendung komplexer Netzwerke charakterisieren. Beispiele sind Zitationsnetzwerke, das Internet und Protein- Wechselwirkungsnetzwerke. Deren Eigenschaften lassen sich dann durch analytische Ansätze sowie durch Computersimulationen modellieren. Eine Fragestellung ist z.B., ob sich aufgrund von statischen Netzwerkeigenschaften Aussagen über deren dynamische Eigenschaften treffen lassen.

In der hier angebotenen Vorlesung geben wir einen Überblick über aktuelle Fragestellungen und Entwicklungen auf dem Gebiet der statistischen Physik komplexer Netzwerke. Etwa 1/3 der Vorlesungszeit thematisiert analytische Herangehensweisen, 2/3 hingegen sind algorithmisch angelegt.

Zu den im Verlauf der Vorlesung behandelten Themen gehören: Modelle für Zufallsgraphen, Wachstumsmodelle zur Erzeugung spezieller Graphen, analytische/numerische Charakterisierung struktureller Eigenschaften von Zufallsgraphen, Bestimmung statistischer Eigenschaften von Netzwerken mittels "generierender Funktionen", dynamische Prozesse auf Netzwerken, Community Strukturen, Optimale Netzwerke, Phasenübergänge auf Netzwerken, Analyse von Messgrößen via Maximum-Likelihood Methoden

---

#### **Ziele des Moduls**

Die Studierenden besitzen die Fähigkeit im Team große Software-Systeme zu konzipieren, die entsprechenden Algorithmen zu entwerfen und softwaretechnisch zu

---

implementieren sowie diese Software dann für die Analyse großer Umwelt- und Energiesysteme sowie ökonomischer Systeme zu nutzen. Darüber hinaus Sie beherrschen den Umgang mit betrieblichen und Umweltinformations-systemen sowie Werkzeugen des Umweltmanagements.

Die Studierenden besitzen die Fähigkeit, zeitgemäße Analysemethoden und Simulationsverfahren der modernen Umweltforschung nachzuvollziehen und sind durch Selbststudium der aktuellen Literatur in der Lage, auch neueste Ansätze zu begreifen und einzuordnen.

Die Studierenden besitzen die Fähigkeit, Publikationen der Fachliteratur kritisch zu würdigen, große Simulationssysteme einschließlich von Netzwerkmodellen zu verschiedenen Fragestellungen zu konzipieren und die Resultate von Modellstudien im Rahmen einer speziellen Fragestellung zu interpretieren. Des Weiteren sind sie in der Lage selbständig und im Team große Modellsysteme zu entwerfen und softwaretechnisch zu realisieren.

Die Kompetenzen, die man in den einzelnen Veranstaltungen erwirbt sind separat aufgelistet.

### **Softwaretechnik**

Es werden die grundlegenden Begriffe und Konzepte der Softwaretechnik vermittelt:

- Aktivitäten der Software-Entwicklung
- Objektorientierte Modellierung mit UML (Klassen- und Objektdiagramme, Anwendungsfalldiagramme, Interaktionsdiagramme, Aktivitätsdiagramme, Zustandsdiagramme)
- Metamodellierung
- Anforderungserhebung (Vision, Anforderungen, Anforderungsdefinition)
- Software-Systementwurf (Architektur, Architektur- und Designmuster, Schnittstellen, Softwarespezifikation)
- Qualitätssicherung (Qualitätskriterien, Testen, Reviews)
- Software-Evolution (Software-Wartung, Reverse-Engineering, Reengineering)
- Vorgehensmodelle und Management von Software-Projekten (Unified Process, Extreme Programming).

In Vorlesung und Übung werden Werkzeuge (u.a. UML-Modellierungswerkzeug incl. IDE, JUnit, SVN) vorgestellt und anhand von Übungsaufgaben erprobt.

### **Modellbildung und Simulation ökologischer Systeme**

Die Studierenden haben im Modul die folgenden Kompetenzen erworben bzw. vertieft:

- Sie kennen allgemeine Methoden zur diskreten und kontinuierlichen, sowie raumbasierten Modellbildung.
-

- Sie verstehen Grundkonzepte ökologischer Systeme.
- Sie verstehen typische Eigenschaften, sowie Vor- und Nachteile verschiedener Modellierungsmethoden für ökologische Systeme und können sie kritisch bewerten.
- Sie können die gelernten Modellierungskonzepte sinnvoll für ökologische Systeme anwenden.
- Sie können grundlegende Simulationsmethoden insbesondere für diskrete Modelle verstehen und praktisch einsetzen,
- Sie können sich systematisch und in kurzer Zeit in neue Simulationswerkzeuge einarbeiten,
- Sie können Implementierungen von einfachen ökologischen Modellen durchführen,
- Sie haben ihre Teamfähigkeit durch die Erarbeitung von Lösungen zu kleinen Aufgaben in Teams zu 2-3 Studierenden vertieft und ihre Präsentationsfähigkeit verbessert.

### ***Umweltinformationssysteme***

Hörer und Hörerinnen des Moduls erhalten einen Überblick über die Phasen und wichtigen Aspekte der Verarbeitung von Umweltinformationen. Sie lernen

- grundlegende Verarbeitungsalgorithmen zur Klassifikation von Daten und zur Aufbereitung von Daten anzuwenden,
- Datenstrukturen zur Speicherung räumlicher und zeitlicher Daten zu vergleichen, zu beurteilen und zu entwerfen,
- den praktischen Umgang mit grundlegenden Funktionen eines Geo-Informationssystems,
- grundlegende Verfahren des Data Mining zu verstehen, zu bewerten und anzuwenden,
- grundlegende Verfahren der Geostatistik zu verstehen, anzuwenden und zu bewerten,
- ein Verfahren der multikriteriellen Entscheidungsunterstützung zu verstehen und einzuschätzen.

Sie erhalten einen Überblick über verschiedene Anwendungsbereiche der Bereitstellung und Verwendung von Umweltinformationen, insbesondere der Bereitstellung im Internet.

### ***Computerorientierte Physik (VL+Ü)***

Kenntnisse grundlegender numerische Methoden der theoretischen Physik sowie Algorithmen und Datenstrukturen im wissenschaftlichen Rechnen, Debugging. Fertigkeiten im Bereich des sichereren Umgangs mit modernen Methoden der computerorientierten Physik, quantitative Analyse von fortgeschrittenen Problemen der theoretischen Physik und  
Weiterentwicklung der physikalischen Intuition.  
Verständnis übergreifender Konzepte und Methoden der theoretischen Physik und der Naturwissenschaften

---

allgemein.

### ***Decision under Risk and Uncertainty (VL)***

The aim of this course is to

- discriminate between risk and uncertainty,
- model preferences under risk and uncertainty,
- apply methods to deal with risk and uncertainty and imprecise information.

### ***Betriebliche Umweltinformationssysteme (VL)***

In der Veranstaltung werden die sich aus den Umweltbedingungen der Unternehmen ergebenden Probleme thematisiert und aufgezeigt, welche Methoden, Verfahren und Techniken der Informationsverarbeitung bereitstellen können, die Problemlösung zu unterstützen. Die Studierenden

- können das Nachhaltigkeitsparadigma einordnen und erläutern
- verfügen über aktuelle Kenntnisse der Nachhaltigkeitsberichterstattung
- sind in der Lage Stoffströme zu definieren und zu modellieren
- erhalten praktisches Wissen in Betrieblichen Umweltinformationssystemen

Die Kenntnisse und Fähigkeiten dieses Moduls ergänzen z.B. die Inhalte der Umweltinformatik und schaffen einen klaren Bezug den aktuellen Fragestellungen im Bereich der Nachhaltigkeit. Diese sind auch im Beruf direkt anwendbar und vermitteln.

### ***Computational Economics (SE)***

The course will provide an introduction into numerical partial and general equilibrium models for the state-of-the-art impact assessment of energy and climate policies. Drawing on basic microeconomic theory, the course will follow model-based peer-reviewed publications in international journals to cover contemporary issues in energy and climate policy such as the promotion of renewable energies, the phase-out of nuclear power, the implementation of environmental tax reforms, or the design of international emissions trading schemes.

### ***Kurzer Weg zur Physik komplexer Netzwerke (VL)***

Die Studierenden vertiefen ihre Kenntnisse in der theoretischen Physik und im Bereich Statistischer Physik. Sie erwerben insbesondere fundamentale Kenntnisse im Bereich Netzwerke und ihrem Einsatz für die Untersuchung physikalischer, technischer und sozioökonomischer Probleme. Sie erweitern ihre Kenntnisse bei der theoretischen Analyse und Modellierung von transdisziplinären Problemen. Dabei erlangen und erweitern sie Fertigkeiten und Kompetenzen bei der selbstständigen Einarbeitung in neue Gebiete, sowie zum Einsatz von analytischen Methoden und Computersimulationsalgorithmen.

---



---

## Literatur

### Softwaretechnik

Ian Sommerville: Software Engineering, Addison-Wesley Longman, Amsterdam, 9. Auflage, 2010.

Jochen Ludewig, Horst Lichter: Software Engineering, Grundlagen, Menschen, Prozesse, Techniken, Dpunkt, 2. Auflage, 2010.

Helmut Balzert: Lehrbuch der Softwaretechnik, Basiskonzepte und Requirements Engineering, Spektrum, Heidelberg, 3. Auflage, 2009.

Helmut Balzert: Lehrbuch der Softwaretechnik: Software-Management, Spektrum, Heidelberg, 2. Auflage, 2008.

Helmut Balzert: Lehrbuch der Softwaretechnik: Entwurf, Implementierung, Installation und Betrieb, Spektrum, Heidelberg; 3. Auflage, 2012.

### Modellbildung und Simulation ökologischer Systeme

Skript zu Vorlesung

Hartmut Bossel. Modellbildung und Simulation. Vieweg 1994

Paul A. Fishwick. Simulation model design and execution: building digital worlds. Prentice Hall, 1995

### Umweltinformationssysteme

O. Günther: Environmental Information Systems

I. H. Witten, E. Frank: Data Mining

D. Stoyan, H. Stoyan: Umweltstatistik

### Computerorientierte Physik

T.H. Cormen, S. Clifford, C.E. Leiserson, und R.L. Rivest, Introduction to Algorithms, (MIT Press 2001)

A.K. Hartmann, Practical guide to computer simulation, (World-Scientific 2009)

J.M. Thijssen, Computational Physics, (Cambridge University Press, 2007)

M. Newman, G. T. Barkema, Monte Carlo Methods in Statistical Physics, (Oxford University Press, 1999)

### Decision under Risk and Uncertainty

T. Biswas: Decision-making under Uncertainty, Macmillan, 1997

David Bjornstad, James R. Kahn: The Contingend Valuation of Environmental Resources, E. Elgar Publ., 2002

Louis Eeckhoudt et al: Economic and Financial Decisions under Risk, Princeton Univ. Press, 2005

Michel De Lara, L. Doyen: Sustainable Management of Natural Ressources, Springer, 2008

Roger Perman et al.: Resource and Environmental Economics, 4<sup>th</sup> ed., Pearson 2011;

### Betriebliche Umweltinformationssysteme

Marx Gómez, J., Teuteberg, F. (Hrsg.) (2010): Corporate Environmental Management Information Systems – State of the Art and Future Trends. IGI Global, Hershey.

---

Heck, P., Bemann, U. (Hrsg.) (2002): Praxishandbuch Stoffstrommanagement. Deutscher Wirtschaftsdienst.  
Rüdiger, C. (2000): Betriebliches Stoffstrommanagement. Deutscher Universitätsverlag.  
Möller, A. (2000): Grundlagen stoffstrombasierter Betrieblicher Umweltinformationssysteme. Projekt Verlag.  
Rautenstrauch, C. (1999), Betriebliche Umweltinformationssysteme, Springer-Verlag, Berlin.

Kurzer Weg zur Physik komplexer Netzwerke  
Alain Barrat et al., Dynamical Processes on Complex Networks,  
Cambridge University Press 2008  
S.N. Dorogovtsev und J.F.F. Mendes, Evolution of Networks, Oxford University Press, 2002  
M.E.J. Newman, The Structure and Function of Complex Networks, SIAM Review 45, 167 (2003)  
R. Sedgewick, Algorithms in C part 5: Graph Algorithms, Addison-Weseley, 2001

---

<b>Teilnahmevoraussetzung(en)</b>	Programmierkurs Java oder vergleichbare Kenntnisse
-----------------------------------	--

---

<b>Nützliche Vorkenntnisse</b>	
--------------------------------	--

---

<b>Zu erbringende Studien- und Prüfungsleistungen</b>	<p><u>1 benotete Prüfungsleistung:</u> Mündliche Prüfung (ca. 30 Min.) oder Klausur (Klausur ist zeitlich teilbar aber als Ganzes zu bewerten) mit Inhalten aus zwei Veranstaltungspaketen; Art der Prüfungsleistung wird bei Semesterbeginn von den entsprechenden Prüfenden bekannt gegeben</p> <p><u>Unbenotete Prüfungsleistungen:</u> Mündliche Prüfung oder Klausur oder Portfolio oder fachpraktische Übung oder aktive Teilnahme; Art der Prüfungsleistung wird bei Semesterbeginn von den entsprechenden Prüfenden bekannt gegeben</p> <p>Aktive Teilnahme umfasst z.B. die regelmäßige Abgabe von Übungen, Anfertigung von Lösungen zu Übungsaufgaben, die Protokollierung der jeweils durchgeführten Versuche bzw. der praktischen Arbeiten, die Diskussion von Seminarbeiträgen oder Darstellungen von Aufgaben bzw. Inhalten in der Lehrveranstaltung in Form von Kurzberichten oder Kurzreferat</p>
---	---

---

<b>Kriterien zur Erreichung der Notenpunkte</b>	
---	--

---

<b>Studiengang</b>	<b>MSc Umweltmodellierung</b>
<b>Bereich</b>	<b>Schwerpunkt</b>
<b>Modulbezeichnung</b>	<b>mar780 Praxis-Seminar Modellierungsstudie</b>
<b>Modul-Code</b>	PS
<b>Semester / Dauer des Moduls</b>	3. Semester
<b>Zuordnung zu weiteren Studiengängen/Curricula</b>	
<b>Veranstaltungen</b>	PR/S (4 KP), Ex (2 KP) interdisziplinäres Forschungsprojekt, in der Regel von einer oder einem Studierenden durchgeführt, möglichst von zwei Dozenten aus verschiedenen fachlichen Bereichen betreut, muss im Schwerpunktfach absolviert werden Exkursion
<b>Lehrsprache</b>	Deutsch oder Englisch
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Ulrike Feudel
<b>Dozent/in/en/nen</b>	Lehrende des Studiengangs
<b>Arbeitsaufwand</b>	Kontaktzeit: 84 Stunden, Selbststudium: 96
<b>Lern-/Lehrform</b>	S, PR , Ex
<b>Erreichbare Kreditpunkte/ECTS</b>	6 KP
<b>Modulinhalt</b>	<p>Das Forschungsprojekt muss auf einem Gebiet des Schwerpunktfachs liegen. Die Inhalte sind variabel und betreffen aktuelle Forschungsfragen, die interdisziplinär von den am Studiengang beteiligten Arbeitsgruppen bearbeitet werden. Die Studierenden nehmen am Arbeitsgruppen-Seminar teil und präsentieren dort ihre Ergebnisse und Schlussfolgerung aus ihrem Projekt. Das Seminar dient der Diskussion aller Forschungsprojekte eines Jahrgangs, so dass Studierende einen interdisziplinären Einblick in alle bearbeiteten Themen der unterschiedlichen Schwerpunktrichtungen des Studienganges bekommen.</p> <p><b>Exkursionen (2 Tage):</b> sollen den Studierenden Kenntnisse über Umweltsysteme vor Ort vermitteln. Hier können Probenahmen im Feld, Schiffsexkursionen, Besichtigungen von Firmen, die im Umweltbereich arbeiten, etc. durchgeführt werden.</p>
<b>Ziele des Moduls</b>	Die Studierenden können ein disziplinübergreifendes Forschungsprojekt unter Anleitung selbstständig bearbeiten. Sie können aktuelle wissenschaftliche Literatur verstehen und in ihrer Arbeit berücksichtigen. Sie können ein wissenschaftliches Projekt vorbereiten,

durchführen, in einer schriftlichen Ausarbeitung darstellen, öffentlich präsentieren und verteidigen.

---

<b>Literatur</b>	Wird je nach Themenstellung individuell festgelegt, im Allgemeinen sind dies aktuelle Originalarbeiten aus wissenschaftlichen Zeitschriften
<b>Teilnahmevoraussetzung(en)</b>	mindestens 6 KP im Schwerpunktfach bzw. Ergänzungsbereich müssen nachgewiesen sein
<b>Nützliche Vorkenntnisse</b>	
<b>Zu erbringende Studien- und Prüfungsleistungen</b>	<u>1 benotete Prüfungsleistung:</u> Hausarbeit oder fachpraktische Übung oder Seminararbeit oder Praktikumsbericht oder Portfolio und öffentliche Präsentation (Referat) mit Diskussion; Art der Prüfungsleistung wird bei Semesterbeginn von den entsprechenden Prüfenden bekannt gegeben  <u>Unbenotete Prüfungsleistung:</u> Bescheinigung über 2 Exkursionstage
<b>Kriterien zur Erreichung der Notenpunkte</b>	Qualität der wissenschaftlichen Leistung der Hausarbeit (90 %) und des Referats (10 %)

---

<b>Studiengang</b>	<b>MSc Umweltmodellierung</b>
<b>Modulbezeichnung</b>	<b>mar800 Kontaktpraktikum/Forschungsprojekt</b>
<b>Modul-Code</b>	KPFP
<b>Semester / Dauer des Moduls</b>	3. Semester
<b>Zuordnung zu weiteren Studiengängen/Curricula</b>	
<b>Veranstaltungen</b>	PR (10 KP), SE (2 KP), interdisziplinäres Forschungsprojekt, in der Regel von einer oder einem Studierenden durchgeführt, möglichst von zwei Dozenten aus verschiedenen fachlichen Bereichen am Praktikumsplatz und in regelmäßigen Gesprächen betreut
<b>Lehrsprache</b>	Deutsch oder Englisch
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Ulrike Feudel
<b>Dozent/in/en/nen</b>	Lehrende des Studiengangs
<b>Arbeitsaufwand</b>	Kontaktzeit: 84 Stunden, Selbststudium: 276 h
<b>Lern-/Lehrform</b>	S, PR
<b>Erreichbare Kreditpunkte/ECTS</b>	12 KP
<b>Modulinhalt</b>	Die Inhalte sind variabel und betreffen aktuelle Forschungsfragen, die interdisziplinär von den am Studiengang beteiligten Arbeitsgruppen bearbeitet oder in einem Anwendungskontext in einer Einrichtung außerhalb der Universität Oldenburg erschlossen werden. Eine oder einer der betreuenden Dozentinnen oder Dozenten kann auch außerhalb der Universität angesiedelt sein. Die Studierenden nehmen am Seminar teil und präsentieren dort in zwei Sitzungen zunächst die Ziele und dann Ergebnisse und Schlussfolgerung aus ihrem Projekt. Das Seminar dient der Diskussion aller Forschungsprojekte eines Jahrgangs, so dass Studierende einen interdisziplinären Einblick in alle bearbeiteten Themen der unterschiedlichen Schwerpunktrichtungen des Studienganges bekommen.
<b>Ziele des Moduls</b>	Die Studierenden können ein disziplinübergreifendes Forschungsprojekt unter Anleitung selbstständig bearbeiten. Sie können aktuelle wissenschaftliche Literatur verstehen und in ihrer Arbeit berücksichtigen. Sie können ein wissenschaftliches Projekt vorbereiten, durchführen, in einer schriftlichen Ausarbeitung darstellen, öffentlich präsentieren und verteidigen.
<b>Literatur</b>	Wird je nach Themenstellung individuell festgelegt, im Allgemeinen sind dies aktuelle Originalarbeiten aus

wissenschaftlichen Zeitschriften

---

<b>Teilnahmevoraussetzung(en)</b>	mindestens 12 KP im Schwerpunktfach bzw. Ergänzungsbereich müssen nachgewiesen sein
-----------------------------------	---

---

<b>Nützliche Vorkenntnisse</b>	
--------------------------------	--

---

<b>Zu erbringende Studien- und Prüfungsleistungen</b>	<u>1 benotete Prüfungsleistung:</u> Hausarbeit oder fachpraktische Übung oder Seminararbeit oder Praktikumsbericht oder Portfolio und öffentliche Präsentation (Referat) mit Diskussion; Art der Prüfungsleistung wird bei Semesterbeginn von den entsprechenden Prüfenden bekannt gegeben
---	--

---

<b>Kriterien zur Erreichung der Notenpunkte</b>	Qualität der wissenschaftlichen Leistung der Hausarbeit (90 %) und des Referats (10 %)
---	--

---

<b>Studiengang</b>	<b>MSc Umweltmodellierung</b>
<b>Modulbezeichnung</b>	<b>mar900 Abschlussmodul: Master-Arbeit</b>
<b>Modul-Code</b>	AMMA
<b>Semester / Dauer des Moduls</b>	4. Semester
<b>Zuordnung zu weiteren Studiengängen/Curricula</b>	
<b>Veranstaltungen</b>	
<b>Lehrsprache</b>	Deutsch oder Englisch
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Ulrike Feudel
<b>Dozent/in/en/nen</b>	Lehrende des Studiengangs
<b>Arbeitsaufwand</b>	Kontaktzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 844 Stunden
<b>Lern-/Lehrform</b>	Master-Arbeit Seminar zur Master-Arbeit
<b>Erreichbare Kreditpunkte/ECTS</b>	30 KP (27 + 3 KP)
<b>Modulinhalt</b>	Die Inhalte sind variabel und betreffen aktuelle Forschungsfragen, die auf hohem wissenschaftlichen Niveau bearbeitet werden.
<b>Ziele des Moduls</b>	Die Studierenden können ein umfangreiches Forschungsprojekt unter Anleitung selbstständig bearbeiten. Sie können aktuelle wissenschaftliche Literatur verstehen und in ihrer Arbeit berücksichtigen. Sie können ein wissenschaftliches Projekt vorbereiten, durchführen, in einer schriftlichen Ausarbeitung darstellen, öffentlich präsentieren und verteidigen.
<b>Literatur</b>	Wechselnd in Abhängigkeit der spezifischen Themenstellung. Neben der Literatur sind in der Regel auch weitere Informationsquellen zu erschließen und auszuwerten
<b>Teilnahmevoraussetzung(en)</b>	Regelungen gem. Prüfungsordnung
<b>Nützliche Vorkenntnisse</b>	
<b>Zu erbringende Studien- und Prüfungsleistungen</b>	Schriftliche Ausarbeitung, im Seminar öffentlicher Vortrag mit Diskussion möglichst auf Englisch über Zielsetzung und Ergebnisse der Arbeit
<b>Kriterien zur Erreichung der Notenpunkte</b>	Regelungen gem. Prüfungsordnung. Qualität der wissenschaftlichen Leistung und schriftlichen Ausarbeitung (90 %), Bewertung des Abschlusskolloquiums (10 %)