
Modulhandbuch
Environmental Modelling - Master's Programme
im Summer semester 2025
erstellt am 26/03/25

mar700 - Introduction to Environmental Modelling	6
mar353 - Basics in Mathematical Modelling	8
inf962 - Fundamental Competencies in Computing Science III: Algorithms and Computational Problem Solving	10
mat988 - Mathematics for Students of Environmental Sciences I	13
mat989 - Mathematics for Students of Environmental Sciences II	15
mar997 - Applied Statistics in Biology and Environmental Science	17
mar715 - Basics in Biology/Ecology	21
mar716 - Geochemistry	23
mar355 - Physical Oceanography	25
mar718 - Hydrodynamics	27
mar470 - Programming for Marine Sciences	29
mar671 - Statistics Software R: Introduction	31
mar354 - Advanced mathematical modelling	33
mar672 - Soil Science, Hydrology and Ecosystem	35
mar673 - Hydrogeology	37
inf005 - Software Engineering I	39
mar363 - Theory of Ecological Communities	43
mar722 - Ecology of Plants and Animals	45
mar357 - Marine Chemistry and Geochemistry	47
mar356 - Ocean-Climate-Environmental Physics	49
mar723 - Biodiversity of Plants	52

mar758 - Biogeochemical Modelling	54
mar432 - Biogeochemistry	56
mar431 - Marine Climatology	59
mar438 - Marine Environmental Chemistry	61
mar459 - Macrobenthos communities	63
mar457 - Ecology of Benthic Microorganisms	65
mar458 - Aquatic Ecology	67
mar461 - Functional marine biodiversity	69
phy616 - Computational Fluid Dynamics 1 / 2	71
phy648 - Wind Resources and their Applications	73
pre022 - Solar Energy	75
pre200 - Selected Renewable Energy Technologies	78
phy641 - Energy Resources & Systems	80
phy647 - Future Power Supply Systems	82
pre025 - Wind Energy and Storage	84
pre152 - Resilient Energy Systems	86
wir924 - Ecological Economics	88
wir890 - Climate Economics	90
wir889 - Applied Environmental Economics	91
wir901 - Environmental Economics	92
mar375 - Models in Population Dynamics	93
mar374 - Nonlinear Dynamics in the Earth System	95
mar369 - Critical States in the Earth System: Tipping Points and Resilience	

.....	98
mar367 - Ocean Models	100
.....	103
mar368 - Climate Models	106
.....	108
mar753 - Networks and Complexity	109
.....	111
mar754 - Modelling of Complex Systems	112
.....	114
mar755 - Fluid Dynamics	116
.....	118
mar757 - Fluid Dynamics II	120
.....	122
mar756 - Hydrogeological Modelling	124
.....	126
mar376 - Statistical Ecology	128
.....	130
mar364 - Time Series Analysis	131
.....	133
mar365 - Stochastical Processes	135
.....	137
wir808 - Multivariate Statistics	140
.....	142
mat843 - Elements of Multivariate Statistics	122
.....	124
mat837 - Extreme Value Statistics and Applications	126
.....	128
mat847 - Elements of Exploratory Data Analysis, Robust Statistics, and Diagnostics	131
.....	133
mat839 - Time Series Models resp. State Space Models	135
.....	137
mat849 - Statistical Algorithms	139
.....	140
mar768 - Statistical Analysis	142
.....	143
mar366 - Current topics in modelling and data analysis	144
.....	145
inf651 - Environmental Management Information Systems I	146
.....	147
inf659 - Environmental Management Information Systems II	148
.....	149
inf511 - Smart Grid Management	150
.....	151
inf510 - Energy Information Systems	152
.....	153

inf535 - Computational Intelligence I	144
inf536 - Computational Intelligence II	146
mar779 - Computer-oriented Physics	148
inf810 - Special Topics in Computer Science I	149
inf811 - Special Topics in Computer Science II	151
inf812 - Current Topics in Computer Science I	153
inf813 - Current Topics in Computer Science II	155
inf006 - Software Engineering II	157
inf5408 - Applied Deep Learning in PyTorch	160
mar780 - Practical Seminar in Modelling	162
mar800 - Contact Internship/Research Project	163
mam - Master's Thesis Module	164

Mastermodule

mar700 - Introduction to Environmental Modelling

Module label	Introduction to Environmental Modelling
Module code	mar700
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none"> • Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none"> • Feudel, Ulrike (module responsibility) • Umweltmodellierung, Lehrende (Module counselling)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

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.

Module contents

Ring-Vorlesung Einführung in die Umweltmodellierung

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.

Recommended reading	Wird in den Veranstaltungen eingeführt, aktuelle Publikationen in Fachzeitschriften
Links	
Languages of instruction	German, English
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	jährlich
Module capacity	unlimited (Entsprechend der Zulassungszahl)

Reference text	<p>Vorlesung mit Diskussionsanteilen;</p> <p>angeleitetes bzw. teilweise selbstständiges Arbeiten am Computer mit gängigen Software-Werkzeugen;</p> <p>eigenständiger Umgang mit Literatur und computergestützter Präsentationstechnik</p>
-----------------------	--

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination		
Final exam of module	Nach Maßgabe der Dozentin oder des Dozenten.	HA		
Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	WiSe	28

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Exercises		2	WiSe	28
Total module attendance time				56 h

mar353 - Basics in Mathematical Modelling

Module label	Basics in Mathematical Modelling
Module code	mar353
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule• Master's Programme Marine Environmental Sciences (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Kohlmeier, Cora (module responsibility)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	<p>Fachkompetenzen Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none">- erlernen die Bedeutung der mathematischen Modellierung und deren interdisziplinäre Anwendung- erkennen den Unterschied von Differenzen- und Differentialgleichungssystemen- verstehen den Unterschied zwischen analytischer und numerischer Lösung von Differentialgleichungen- erlernen die Bedeutung von Eigenwerten und Eigenvektoren <p>Methodenkompetenzen Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none">- stellen Modelle zu verschiedenen Fragestellungen auf- analysieren eigenständig Modelle mit den erlernten Methoden- beschreiben verbal Prozesse vorgegebener Differentialgleichungssysteme <p>Sozial- und Selbstkompetenzen Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none">- stellen Simulationsergebnisse grafisch dar- erklären, diskutieren und hinterfragen Modellergebnisse- können Informationen aus Fachdisziplinen aufbereiten und zur Modellbildung einsetzen
Module contents	<p>Inhalte</p> <ul style="list-style-type: none">- Grundlagen der Analysis,- empirische und prozessorientierte Modelle,- Differenzen- und Differentialgleichungsmodelle,- exponentielles und logistisches Wachstum, Sättigung- Räuber-Beute-Modelle (Phytoplankton-Zooplankton-Modell),- zweidimensionale lineare Systeme,- Altersklassenmodell,- räumlich ausgedehnte Systeme, zelluläre Automaten <p>Methodik</p> <ul style="list-style-type: none">- Erstellung und Analyse mathematischer Modelle an Beispielen natürlicher Systeme,- Fixpunktbestimmung und Stabilitätsanalyse,- numerische Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen (Euler-Verfahren),- Eigenwert- und Eigenvektorbestimmung,- Grundlagen der Programmierung in MATLAB
Recommended reading	Vorlesungsskript
Links	
Language of instruction	German
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	jährlich
Module capacity	unlimited

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	Klausur am Ende der Veranstaltungszeit oder fachpraktische Übung oder mündliche Prüfung nach Maßgabe der Dozentin oder des Dozenten.	1 benotete Prüfungsleistung Klausur oder fachpraktische Übung oder mündliche Prüfung

Aktive Teilnahme

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. Die Festlegung hierzu erfolgt durch den Lehrenden zu Beginn des Semesters bzw. zu Beginn der Veranstaltung.

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	WiSe	28
Exercises		2	WiSe	28
Total module attendance time				56 h

inf962 - Fundamental Competencies in Computing Science III: Algorithms and Computational Problem Solving

Module label	Fundamental Competencies in Computing Science III: Algorithms and Computational Problem Solving
Module code	inf962
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master Applied Economics and Data Science (Master) > Data Science• Master's Programme Engineering of Socio-Technical Systems (Master) > Fundamentals/Foundations• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Vogel-Sonnenschein, Ute (module responsibility)• Lehrenden, Die im Modul (authorised to take exams)
Prerequisites	

No specific knowledge is required to take part in this module.

This module provides students with non-computer science backgrounds with the computational problem-solving skills necessary to complete subsequent computer science courses. It is not intended for students who study computer science or business informatics.

Skills to be acquired in this module

Graduates of the module have acquired a deeper understanding of basic theories and techniques in computer science and can classify problems that arise. This enables students to structure and model simple tasks from their subject area using computer science, to design approaches to solutions and to estimate the effort required to solve them. They have a basic understanding of the design and use of relational databases.

This course provides students with fundamental computational problem-solving skills necessary to complete subsequent courses in computer science.

Professional competences

The students

- name the basic concepts of von Neumann's computer architecture,
- describe concepts of the computational representation of information and their limits,
- use basic data structures and algorithms and reason about their complexity,
- model simple problems with formal concepts such as automata and formal languages,
- design simple relational databases and identify the advantages of database-based storage.

Methodological competences

The students

- analyze problems from their area of application,
- design appropriate solutions for simple problems using the Python

programming language and estimate the effort required to execute them,

- design simple object-oriented models
- use a simple IDE and implement scripts in Python,
- discuss alternative computational representations of data and problems and draw informed conclusions from them

Social competences

The students

- present and discuss their solutions in an interdisciplinary team,
- develop solutions to simple problems cooperatively in a team.

Self-competences

The students

- critically reflect on fundamental design decisions in algorithms and data structures,
- deepen their time management skills.

Module contents

- von Neumann computer architecture,
- tasks of operating systems
- computer representation of information,
- formal languages, grammar and automata,
- basic data structures,
- algorithms and complexity,
- programming simple object-oriented solutions in Python
- basic concepts of SQL-based databases

Recommended reading

1. Robert Sedgewick and Kevin Wayne
Algorithms
2011, ISBN: 032157351X
2. Hans Petter Langtangen
A Primer on Scientific Programming with Python
Springer Berlin Heidelberg, 2014, ISBN: 9783642549595
3. Robert Sedgewick and Kevin Wayne
Computer science : an interdisciplinary approach
Boston Columbus Indianapolis New York San Francisco Amsterdam
Cape Town Dubai
London Marid Milan Munich Paris Montreal Toronto Delhi Mexico City
São Paulo
Sydney Hong Kong Seoul Singapore Taipei Tokyo Addison-Wesley,
2017, ISBN:
0134076427;
4. John Guttag
*Introduction to computation and programming using Python : with
application to
understanding data*
Cambridge, Massachusetts London, England The MIT Press, 2016,
ISBN:
9780262529624
5. Paul Gries, Jennifer Campbell, Jason Montojo, and Jennifer Campbell
**Practical programming : an introduction to computer science
using Python 3.6**
Raleigh, North Carolina The Pragmatic Bookshelf, 2017, ISBN:
9781680502688
6. Gerard Blanchet
Computer architecture
Hoboken, NJ Wiley, 2013, ISBN: 1118577795
7. J. Glenn Brookshear (1944-) and Dennis Brylow
Computer science : an overview
Boston Munich u.a. Pearson, 2015, ISBN: 1292061162;
8. *Python Programming : An Introduction to Computer Science*
<http://ce.sharif.edu/courses/97-98/2/ce153-3/resources/root/Text%20Bo>

oks/An%20Introduction%20to%20Computer
%20Science.pdf by John Zelle
9. *Online-Course Python for newbies*:
<https://runestone.academy/runestone/books/published/thinkcspy/GeneralIntro/SpecialWaystoExecutePythoninthisBook.html>
|
Buch zum Online-Kurs: Brad Miller, David Ranum, "How to think like a
Computer Scientist"
e-Book: <http://openbookproject.net/thinkcs/python/english3e/>

Links	
Language of instruction	English
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	every winter semester
Module capacity	unlimited
Reference text	

In the winter term, this module is held in English, in the summer term in German.

Slides and homework are in English.

Teaching/Learning method	V+Ü	
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination

Final exam of module		
	<ul style="list-style-type: none"> • The exam takes place in the first three weeks after the end of the event period. • The re-exam takes place in the last three weeks before the start of the next event period. 	<ul style="list-style-type: none"> • Practical exercises and exams or • Practical exercises and oral examination (with fewer than 20 participants)

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		4	WiSe	56
Exercises		2	WiSe	28
Total module attendance time				84 h

mat988 - Mathematics for Students of Environmental Sciences I

Module label	Mathematics for Students of Environmental Sciences I	
Module code	mat988	
Credit points	6.0 KP	
Workload	180 h	
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none"> • Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule 	
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none"> • Ruckdeschel, Peter (module responsibility) • Vertman, Boris (module responsibility) • Werner, Tino (Module counselling) • Schöpfer, Frank (Module counselling) • Shestakov, Ivan (Module counselling) 	
Prerequisites		
Skills to be acquired in this module	<p>Aufbauend auf einem mittleren Abiturwissen werden Teile des Schulstoffs wiederholt (Ableitung und Integral), ergänzt (allgemeiner Abbildungsbegriff, Folgen und Reihen) und weiterentwickelt (Taylorreihe, Differentialgleichungen). Die Mathematik wird dabei im Wesentlichen ohne Beweise als "Handwerkszeug" präsentiert. Die Ideen hinter den Begriffen und die Bedeutung der Ergebnisse werden jedoch ausführlich erklärt. Die Studierenden sollen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ihr Schulwissen wiederholen und festigen, - die Anwendung von Mathematik in Biologie und Umweltwissenschaften mit zahlreichen praktischen Übungsaufgaben lernen, - die grundlegenden Formen von diskreten und kontinuierlichen, ungebremsten und gebremsten Wachstumsprozessen kennenlernen, - erfahren, wie analytisches und abstraktes Denken bei dem Studium realer Probleme helfen kann, - (insb. bei der Linearen Algebra) ihr allgemeines Wissen mathematischer Methoden und Modelle verbreitern, üben und die Voraussetzungen für Weitergehendes erwerben. 	
Module contents	<p>Analysis: Folgen und Konvergenz: Abbildungen und Funktionen, rekursiv definierte Folgen und diskrete Wachstumsmodelle, Konvergenz, Reihen. Reelle Funktionen: Grenzwert und Stetigkeit, Exponential- und trigonometrische Funktionen, Koordinatentransformationen. Differential- und Integralrechnung: Ableitung und Integral, Mittelwertsatz, Taylorentwicklung, Newton-Verfahren, Hauptsatz, uneigentliche Integrale. Differentialgleichungen: Einfache Differentialgleichungen 1. Ordnung (linear homogen und inhomogen, logistisch), Richtungsfeld, stationäre Zustände und Stabilität, Anwendungen. Differentialgleichungen mit getrennten Variablen. Differentialgleichungen höherer Ordnung und Systeme. Schwingungsgleichung.</p>	
Recommended reading	Wird in den Veranstaltungen bekannt gegeben.	
Links		
Language of instruction	German	
Duration (semesters)	1 Semester	
Module frequency	jährlich	
Module capacity	unlimited	
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	Klausur am Ende des Semesters	<p><u>1 benotete Prüfungsleistung</u> Klausur</p> <p><u>Aktive Teilnahme</u> 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. Die Festlegung hierzu erfolgt durch den Lehrenden zu Beginn des Semesters bzw. zu Beginn der Veranstaltung.</p>

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		3	WiSe	42
Exercises		1	WiSe	14
Total module attendance time				56 h

mat989 - Mathematics for Students of Environmental Sciences II

Module label	Mathematics for Students of Environmental Sciences II	
Module code	mat989	
Credit points	6.0 KP	
Workload	180 h	
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none"> • Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule 	
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none"> • Ruckdeschel, Peter (module responsibility) • Vertman, Boris (module responsibility) • Schöpfer, Frank (Module counselling) • Shestakov, Ivan (Module counselling) • Werner, Tino (Module counselling) 	
Prerequisites		
Skills to be acquired in this module	<p>Aufbauend auf einem mittleren Abiturwissen werden Teile des Schulstoffs wiederholt (Ableitung und Integral), ergänzt (allgemeiner Abbildungsbegriff, Folgen und Reihen) und weiterentwickelt (Taylorreihe, Differentialgleichungen). Die Mathematik wird dabei im Wesentlichen ohne Beweise als "Handwerkszeug" präsentiert. Die Ideen hinter den Begriffen und die Bedeutung der Ergebnisse werden jedoch ausführlich erklärt.</p> <p>Die Studierenden sollen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ihr Schulwissen wiederholen und festigen, - die Anwendung von Mathematik in Biologie und Umweltwissenschaften mit zahlreichen praktischen Übungsaufgaben lernen, - die grundlegenden Formen von diskreten und kontinuierlichen, ungebremsten und gebremsten Wachstumsprozessen kennenlernen, - erfahren, wie analytisches und abstraktes Denken bei dem Studium realer Probleme helfen kann, - (insb. bei der Linearen Algebra) ihr allgemeines Wissen mathematischer Methoden und Modelle verbreitern, üben und die Voraussetzungen für Weitergehendes erwerben, - bei der Stochastik Datenauswertung mit einem Statistikprogramm lernen. 	
Module contents	<p>Stochastik, Beschreibende Statistik: Merkmale, Maßzahlen und Darstellungen von univariaten und bivariaten Stichproben, Regression. Wahrscheinlichkeitstheorie: Wahrscheinlichkeitsraum und -maß, Ereignisse, Unabhängigkeit, Zufallsvariable, Verteilungsfunktion, Erwartungswert und Varianz, die wichtigsten Verteilungen. Schließende Statistik: Schätzverfahren, Konfidenzintervalle, Beispiele, die Idee des statistischen Test (Hypothesen, Stichprobenraum, Ablehnungsbereich, Gütefunktion, p-Wert), Tests für normalverteilte Zufallsvariable, χ^2-Tests, verteilungsunabhängige Verfahren. Lineare Algebra: Vektorraum, Unterraum, lineare Unabhängigkeit, Basis, Dimension. Lineare Abbildungen und Matrizen, Zusammenhang, Dimensionsformel, lineare Gleichungssysteme, Gauß-Algorithmus. Determinante, Eigenwerte und Eigenvektoren.</p>	
Recommended reading	Wird in den Veranstaltungen bekannt gegeben.	
Links		
Language of instruction	German	
Duration (semesters)	1 Semester	
Module frequency	jährlich	
Module capacity	unlimited	
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	Klausur am Ende des Semesters	<p>1 benotete Prüfungsleistung Klausur</p> <p>Aktive Teilnahme 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</p>

Examination

Prüfungszeiten

Type of examination

Kurzreferat. Die Festlegung hierzu erfolgt durch den Lehrenden zu Beginn des Semesters bzw. zu Beginn der Veranstaltung.

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	SuSe	28
Exercises		2	SuSe	28
Total module attendance time				56 h

mar997 - Applied Statistics in Biology and Environmental Science

Module label	Applied Statistics in Biology and Environmental Science
Module code	mar997
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h

Applicability of the module

- Bachelor's Programme Biology (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Bachelor's Programme Biology (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Bachelor's Programme Business Administration and Law (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Bachelor's Programme Business Administration and Law (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Bachelor's Programme Business Informatics (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie more...
- Bachelor's Programme Business Informatics (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Bachelor's Programme Chemistry (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Bachelor's Programme Chemistry (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Bachelor's Programme Comparative and European Law (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Bachelor's Programme Comparative and European Law (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Bachelor's Programme Computing Science (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Bachelor's Programme Computing Science (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Bachelor's Programme Economics and Business Administration (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Bachelor's Programme Economics and Business Administration (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Bachelor's Programme Education (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Bachelor's Programme Education (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Bachelor's Programme Engineering Physics (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Bachelor's Programme Engineering Physics (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Bachelor's Programme Environmental Science (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Bachelor's Programme Environmental Science (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Bachelor's Programme Intercultural Education and Counselling (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Bachelor's Programme Intercultural Education and Counselling (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Bachelor's Programme Mathematics (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Bachelor's Programme Mathematics (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Bachelor's Programme Physics (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Bachelor's Programme Physics (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Bachelor's Programme Physics, Engineering and Medicine (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Bachelor's Programme Physics, Engineering and Medicine (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Bachelor's Programme Social Studies (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Bachelor's Programme Social Studies (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Bachelor's Programme Sustainability Economics (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Bachelor's Programme Sustainability Economics (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Dual-Subject Bachelor's Programme Art and Media (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie

- Dual-Subject Bachelor's Programme Art and Media (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Dual-Subject Bachelor's Programme Biology (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Dual-Subject Bachelor's Programme Biology (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Dual-Subject Bachelor's Programme Chemistry (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Dual-Subject Bachelor's Programme Chemistry (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Dual-Subject Bachelor's Programme Computing Science (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Dual-Subject Bachelor's Programme Computing Science (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Dual-Subject Bachelor's Programme Dutch Linguistics and Literary Studies (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Dual-Subject Bachelor's Programme Dutch Linguistics and Literary Studies (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Dual-Subject Bachelor's Programme Economic Education (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Dual-Subject Bachelor's Programme Economic Education (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Dual-Subject Bachelor's Programme Economics and Business Administration (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Dual-Subject Bachelor's Programme Economics and Business Administration (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Dual-Subject Bachelor's Programme Education (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Dual-Subject Bachelor's Programme Education (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Dual-Subject Bachelor's Programme Elementary Mathematics (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Dual-Subject Bachelor's Programme Elementary Mathematics (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Dual-Subject Bachelor's Programme English Studies (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Dual-Subject Bachelor's Programme English Studies (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Dual-Subject Bachelor's Programme Gender Studies (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Dual-Subject Bachelor's Programme Gender Studies (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Dual-Subject Bachelor's Programme General Education (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Dual-Subject Bachelor's Programme General Education (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Dual-Subject Bachelor's Programme German Studies (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Dual-Subject Bachelor's Programme German Studies (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Dual-Subject Bachelor's Programme History (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Dual-Subject Bachelor's Programme History (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Dual-subject bachelor's programme Low German (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Dual-subject bachelor's programme Low German (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Dual-Subject Bachelor's Programme Material Culture: Textiles (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Dual-Subject Bachelor's Programme Material Culture: Textiles (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Dual-Subject Bachelor's Programme Mathematics (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Dual-Subject Bachelor's Programme Mathematics (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Dual-Subject Bachelor's Programme Music (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Dual-Subject Bachelor's Programme Music (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Dual-Subject Bachelor's Programme Philosophy / Values and Norms (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Dual-Subject Bachelor's Programme Philosophy / Values and Norms (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Dual-Subject Bachelor's Programme Physics (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Dual-Subject Bachelor's Programme Physics (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften

- Dual-Subject Bachelor's Programme Politics-Economics (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Dual-Subject Bachelor's Programme Politics-Economics (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Dual-Subject Bachelor's Programme Protestant Theology and Religious Education (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Dual-Subject Bachelor's Programme Protestant Theology and Religious Education (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Dual-Subject Bachelor's Programme Slavic Studies (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Dual-Subject Bachelor's Programme Slavic Studies (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Dual-Subject Bachelor's Programme Social Studies (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Dual-Subject Bachelor's Programme Social Studies (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Dual-Subject Bachelor's Programme Special Needs Education (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Dual-Subject Bachelor's Programme Special Needs Education (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Dual-Subject Bachelor's Programme Sport Science (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Dual-Subject Bachelor's Programme Sport Science (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Dual-Subject Bachelor's Programme Technology (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Dual-Subject Bachelor's Programme Technology (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Fach-Bachelor Pädagogisches Handeln in der Migrationsgesellschaft (Bachelor) > Fachnahe Angebote Biologie
- Fach-Bachelor Pädagogisches Handeln in der Migrationsgesellschaft (Bachelor) > Fachnahe Angebote Umweltwissenschaften
- Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule

Responsible persons

- Freund, Jan (module responsibility)
- Hillebrand, Helmut (Module counselling)
- Winkhofer, Michael (Module counselling)
- Zotz, Gerhard (Module counselling)

Prerequisites

Skills to be acquired in this module

Fachkompetenzen:

- Einsicht in die Notwendigkeit einer Einbeziehung stochastischer Konzepte in die empirische Forschung
- Das Verständnis für die grundlegende Schlussweise datengestützter empirischer Forschung.
- Einsicht in die Bedeutung von und Befähigung zur Formulierung wissenschaftlicher Hypothesen.
- Die Befähigung zu Design und Planung von Experimenten bzw. Feldstudien.

Methodenkompetenzen:

- Die Befähigung zur vollumfänglichen, selbständigen Durchführung statistischer Auswertungen.
- Die Befähigung, erzielte Resultate mit verlässlicher Angabe von Fehlern und Konfidenzen zusammenzufassen.

Sozialkompetenzen:

- Die Befähigung, Antworten im Kontext einer Ausgangsfragestellung und daraus formulierter Hypothese verlässlich kommunizieren zu können.

Selbstkompetenzen

- Das Reflektieren des Handelns bei der Problembeschreibung und der Entwicklung von Lösungsansätzen.

Module contents

Beschreibung und Anwendung statistischer Verfahren im Kontext biologischer und umweltwissenschaftlicher Forschungsprojekte:

- Elemente der Wahrscheinlichkeitsrechnung: Zufallsvariablen, Stichproben, statistische Unabhängigkeit, Wahrscheinlichkeitsverteilungen, Charakterisierung durch deskriptive Statistik
- Hypothesentest: Herangehensweise, Fehler erster und zweiter Art, t-test,
- Parametrische und Nichtparametrische Methoden
- ANOVA und Posthoc-Tests, multiples Testen
- Regression und Korrelation, ANCOVA
- Variablentransformationen, Monte-Carlo Verfahren

Praktische Beispiele aus dem Bereich der Biologie und Umweltwissenschaften bilden stets die Grundlage für die Einführung sämtlicher Begriffe und für ihre Berechnung mit der Statistik Software „R“.

Recommended reading

Crawley, M.J. (2015) *Statistics: an introduction using R*. 2. ed., Chichester: Wiley

Heddrich, J., Sachs, L. (2016) *Angewandte Statistik: Methodensammlung mit R*. 15., überarbeitete und erweiterte Auflage, Berlin; Heidelberg: Springer Spektrum.

Köhler, W., Schachtel, G., Voleske, P. (2012) *Biostatistik: eine Einführung für Biologen und Agrarwissenschaftler*. 5., aktualisierte und erw. Aufl., Berlin [u.a.]: Springer-Spektrum.

Rudolf, M., Kuhlisch, W. (2008) *Biostatistik: eine Einführung für Biowissenschaftler* [studentengetestet!]. München; Boston; San Francisco; Harlow, England: Pearson Studium.

Links

Language of instruction	German
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	jährlich
Module capacity	45 (
	Platzvergabe nach zeitlicher Staffelung in Stud.IP, eigener Laptop notwendig!
)

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module		KL
	Absprache in der ersten Lehrveranstaltung	

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2		28
Exercises		2		28
Total module attendance time				56 h

mar715 - Basics in Biology/Ecology

Module label	Basics in Biology/Ecology
Module code	mar715
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Garcia, Sarahi Lorena (module responsibility)• Brinkhoff, Thorsten Henning (Module counselling)• Giebel, Helge-Ansgar (Module counselling)• Hillebrand, Helmut (Module counselling)
Prerequisites	

Skills to be acquired in this module

VL/SE Discussions on aquatic microbiology

In the course "Aquatic microbiology" students learn about Bacteria, Archaea, and Eukarya, their origin and fate, and the processes they mediate in the aquatic environment. Students identify the role of aquatic microorganisms in the biogeochemical cycles and learn about classical and molecular based methods to study aquatic microorganism.

Specialist skills

The students:

- deepen their specialist knowledge of microorganisms
- are able to describe the importance of microorganisms in biochemical cycles

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.

Module contents

VL/SE Discussions on aquatic microbiology

Early Earth and diversification of life, Exploring the Microbial World, Metabolic diversity of microorganisms, Carbon cycle, Ecological diversity of phototrophic bacteria, Diversity of microbial Eukarya, Photosynthesis through evolution, Diversity of Archaea, Nitrogen cycle, Microbial Symbiosis, and Fate of Microorganisms in the aquatic environments.

Allgemeine Ökologie (VL)

Theoretische Grundlagen, Ressourcen, Populationsökologie, biologische Interaktionen, Lebensgemeinschaften, Ökosysteme

Recommended reading

VL/SE Discussions on aquatic microbiology

Brock Biology of Microorganisms

Scientific articles will also be suggested by the lecturer

Allgemeine Ökologie (VL)

Nentwig, W., Bacher, S., Brandl, R., 2007. Ökologie kompakt. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
Begon, Harper, Townsend, Ecology, 4th edition, Blackwell
Smith & Smith Ökologie, Pearson

Links

Languages of instruction	German, English
Duration (semesters)	1 Semester

Module frequency	jährlich	
Module capacity	unlimited	
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	KL	
	Klausur am Ende der Veranstaltungszeit oder mündliche Prüfung nach Maßgabe der Dozentin oder des Dozenten	
Type of course	Lecture	
SWS	4	
Frequency	SuSe or WiSe	
Workload attendance time	56 h	

mar716 - Geochemistry

Module label	Geochemistry
Module code	mar716
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Ehlert, Claudia (module responsibility)• Pahnke-May, Katharina (Module counselling)• Wilkes, Heinz (Module counselling)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

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

Studierende besitzen nach erfolgreichem Besuch des Moduls:

- (i) Grundlagenwissen über die organisch-geochemischen Aspekte der Umweltwissenschaften.
- (ii) Grundlagenwissen 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) Verständnis umweltwissenschaftlich relevanter geochemischer Prozesse in der Geosphäre und deren Beziehungen zu Atmo-, Bio- und Hydrosphäre
- (vi) Fähigkeiten zum eigenständigen Erschließen geochemischer Literatur bzw. Informationen.

Module contents

Einführung in die Organische Geochemie (VL):

Kreislauf des organischen Kohlenstoffs, Herkunft, Aufbau und Zusammensetzung von organischem Material; Erhaltung Ablagerung von organischem Material; Umwandlung während Dia- und Katagenese (Erhaltungsfähigkeit, Makromoleküle, Kerogenbildung, Entstehung von Erdöl und Erdgas), Verbleib in der Geosphäre über geologische Zeiträume; Kohlenstoff-Isotopenzusammensetzung; geochemisch wichtige, molekulare Prozesse am Beispiel ausgewählter Verbindungen und Stoffgruppen (*n*-Alkane, Isoprenoide, Membranlipide, Steroide, Hopanoide, Alkenone), Interpretation geochemischer Parameter und Indices, Anwendungsbeispiele.

Anorganische Geochemie (VL):

Entstehung und Häufigkeit der Elemente, Bildung und Alter der Erde, Genese magmatischer Gesteine, Plattentektonik, Gesteinsmetamorphose und geologischer Kreislauf, Sedimentation von anorganischem Material und dessen Verbleib in der Geosphäre über geologische Zeiträume, Prozesse in der Wassersäule in unterschiedlichen Sedimentationsräumen.

Recommended reading

Killops, S. & Killops, V., 2004: Introduction to Organic Geochemistry 2. Aufl., Blackwell. <https://sites.google.com/site/killopsioig/>
Schwarzbauer, J. & Jovancicevic, B. 2016: Fossil Matter in the Geosphere, Springer, ISBN-10: 3319361848
Schwarzbauer, J. & Jovancicevic, B. 2016: From Biomolecules to Chemofossils, Springer, ISBN-10: 3319272411
Bianchi, T.S. & Canuel, E.A., 2011: Chemical Biomarkers in Aquatic Ecosystems, Princeton University Press
Broecker, W.S. 1995: Labor Erde: Bausteine für einen lebensfreundlichen Planeten, Springer.
F.J. Millero, 1996: Chemical Oceanography, 2. Aufl., CRC Press.

S.M. Libes, 1992: An Introduction to Marine Biogeochemistry, Wiley.
 Grotzinger, J. & John, T., 2017: Press/Siever Allgemeine Geologie, 7. Aufl., Springer Spektrum, 769 S.
 Bahlburg, H., Breitzkreuz, C.: 2008, Grundlagen der Geologie, Springer Spektrum, 423 S.
 Okrusch, M., Matthes, S., 2009: Mineralogie: eine Einführung in die spezielle Mineralogie, Petrologie und Lagerstättenkunde, Springer, 658 S.
 Weitere Fachliteratur wird im Seminar bekannt gegeben.

Links		
Languages of instruction	German, English	
Duration (semesters)	1 Semester	
Module frequency	jährlich	
Module capacity	unlimited	
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	Klausur am Ende der Veranstaltungszeit oder fachpraktische Übungen oder mündliche Prüfung nach Maßgabe der Dozentin oder des Dozenten	KL
Type of course	Lecture	
SWS	4	
Frequency	SuSe or WiSe	
Workload attendance time	56 h	

mar355 - Physical Oceanography

Module label	Physical Oceanography
Module code	mar355
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule• Master's Programme Marine Environmental Sciences (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Lettmann, Karsten (module responsibility)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

Die Studierenden lernen die grundlegenden Mechanismen und Theorien der großskaligen Ozeanströmungen kennen. Sie sind in der Lage die Bedeutung einzelner physikalischer Prozesse in komplexen, geophysikalischen Strömungen zu erkennen und einzuordnen. Sie verstehen die wesentlichen Kraftgleichgewichte und Antriebe im Ozean.

Module contents

VL Physikalische Ozeanographie

Hydrodynamische Grundgleichungen; Strömungen auf der rotierenden Erde; Geostrophie, Wellen, Gezeiten; windgetriebene Ozeanzirkulation (Ekman, Sverdrup, Stommel-Theorien); Themen der regionalen Ozeanographie (Nordsee, Ostsee, Atlantik).

SE Physikalische Ozeanographie

Vertiefung der Inhalte der zugehörigen VL sowie praktische Übungen. Seminarvorträge behandeln regionale Aspekte sowie aktuelle Forschungsergebnisse.

Recommended reading

Wird in den Veranstaltungen bekannt gegeben.

Links

Languages of instruction	German, English
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	jährlich
Module capacity	unlimited

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
-------------	----------------	---------------------

Final exam of module

Wird in den Veranstaltungen zu Beginn durch den Dozenten/die Dozentin bekannt gegeben.

1 benotete Prüfungsleistung.
Klausur oder mündliche Prüfung

Aktive Teilnahme

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. Die Festlegung hierzu erfolgt durch den Lehrenden zu Beginn des Semesters bzw. zu Beginn der Veranstaltung.

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	WiSe	28
Seminar		2	WiSe	28
Total module attendance time				56 h

mar718 - Hydrodynamics

Module label	Hydrodynamics
Module code	mar718
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Lettmann, Karsten (module responsibility)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

Ziel dieses Modules ist die Einführung in die Strömungslehre/Hydrodynamik von Flüssigkeiten und Gasen. Das Modul vertieft und erweitert u.a. grundlegende mathematische Kenntnisse im Bereich der Vektoranalysis und partieller Differentialgleichungen und ihrer Differentialoperatoren (z.B. Gradient, Divergenz, Rotation und Laplace-Operator). Es werden die grundlegenden physikalischen Gesetze in Form von partiellen Differentialgleichungen eingeführt und Lösungen derselben für einfachere und idealisierte Strömungsformen (z.B. Hydrostatik, reibungsfreie Strömungen / Bernoullische Gleichung, laminare Schleichströmungen) erarbeitet. Das Modul führt weiter in Grundbegriffe turbulenter Strömungen ein. Es kann als Vorbereitung für weiterführende Veranstaltungen z.B. im Bereich der Ingenieurhydrodynamik, der Hydrologie, der Ozeanografie oder der Meteorologie betrachtet werden.

Fachkompetenzen

Die Studierenden:

- kennen und verstehen die grundlegenden partiellen Differentialgleichungen im Rahmen der Strömungsmechanik (Kontinuitätsgleichung, Navier-Stokes-Gleichung, verschiedene Formen der thermischen Zustandsgleichung)
- können diese Differentialgleichungen aus einer kompakten vektoriellen Notation in die Komponentendarstellung in kartesischen Koordinaten umschreiben und umgekehrt
- können die Druckverteilung im Rahmen der Hydrostatik für einfache Probleme berechnen
- können mit Hilfe der Bernoullischen Gleichung Aussagen über den Druck oder die Geschwindigkeit in idealisierten, reibungsfreien Strömungen machen
- kennen die analytischen Lösungen der Navier-Stokes-Gleichung für idealisierte Schleichströmungen (z.B. Hagen-Poiseuille-Strömung) und können diese in praktischen Fragestellungen anwenden
- kennen einzelne Beispiele für Anwendungen der Hydrodynamik und Strömungsmechanik in anderen Fachdisziplinen (z.B. Wellenphänomene in der Ozeanografie)

Methodenkompetenzen

Die Studierenden:

- übertragen und wenden Methoden der Vektoranalysis an, um die Herleitung der grundlegenden physikalischen Erhaltungsgleichungen zu verstehen und zu bewerten
- sind in der Lage, die umfassenden physikalischen Grundgleichungen in einfachen und idealisierten Problemstellungen auf ihren jeweils wichtigen Kern zu reduzieren und so einer analytischen Lösung zugänglich zu machen
- haben den allgemeinen Lösungsprozess zum Finden analytischer Lösungen gewöhnlicher Differentialgleichungen verstanden und an einfachen Beispielen geübt

Sozialkompetenzen

Die Studierenden:

- lösen die Probleme und Anwendungsaufgaben u.a. in Kleingruppen
- präsentieren ihre Lösungen der Probleme öffentlich im Rahmen der Übungen

Selbstkompetenzen

Die Studierenden:

- reflektieren ihre Lösungen u.a. während der Präsentation und im öffentlichen Diskussionsprozess
- lernen fachliche Hürden und persönliche Unzulänglichkeiten auszuhalten und durch eigene Anstrengungen zu überwinden

Module contents

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

Recommended reading

Schade & Kunz, Strömungslehre, 3. Auflage Juli 2007

Aktuelle Literaturliste unter Stud.IP

Links

Language of instruction	German		
Duration (semesters)	1 Semester		
Module frequency	jährlich		
Module capacity	unlimited		
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination	
Final exam of module	Klausur am Ende der Veranstaltungszeit, nach Bekanntgabe durch die Dozenten.		KL

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	SuSe or WiSe	28
Exercises		2	SuSe or WiSe	28
Total module attendance time				56 h

mar470 - Programming for Marine Sciences

Module label	Programming for Marine Sciences
Module code	mar470
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule• Master's Programme Marine Environmental Sciences (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Feenders, Christoph (module responsibility)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

Ziel des Moduls ist eine grundlegende Einführung in die Programmierung mit MATLAB. Neben den Grundlagen der Programmierung liegt der Schwerpunkt auf der Entwicklung von Algorithmen. Ein besonderer Fokus liegt zusätzlich auf Aspekten der wissenschaftlichen Programmierung, bei der Reproduzierbarkeit und besonders gute Nachvollziehbarkeit entscheidend sind.

Fachkompetenzen

Die Studierenden:

- beherrschen Programmiertechniken zur Datenanalyse, numerischen Simulation und Ergebnisdarstellung
- erkennen grundlegende Konzepte von Programmiersprachen, so dass sie Programme in verschiedenen Programmiersprachen verstehen zu können
- entwickeln Algorithmen selbständig mit Hilfe verschiedener Strategien
- beherrschen Strategien zur Fehlervermeidung und -suche

Methodenkompetenzen

Die Studierenden:

- entwickeln Programme in einer Programmierumgebung
- lokalisieren Fehlerstellen mit Hilfe eines Debuggers
- analysieren Programmabläufe in Bezug auf ihr Zeitverhalten mittels Profiler

Sozial- & Selbstkompetenzen

Die Studierenden:

- diskutieren verschiedene Ansätze zu Problemlösungen
- reflektieren Lösungen in Bezug auf unterschiedliche Zielaspekte

Module contents

Einführung in das Programmieren mit MATLAB. Grundlegende Konzepte der Programmierung: Schleifen, Verzweigungen, Funktionen, Datentypen und -strukturen, Algorithmenentwicklung.

Anwendungen: Rechnen mit Matrizen, Erstellen und Benutzen von Funktionen und Skripten, Visualisierung von Daten, Datenim- und -export, numerische Berechnungen und Lösen von Differentialgleichungen, Einführung in numerischen Algorithmen für verschiedene wissenschaftliche Anwendungen.

In den Übungen werden den Studierenden Hilfestellungen zu den selbständig zu bearbeitenden Aufgaben gegeben.

Recommended reading

F. Thusel und F.P. Gennrich, Praktische Mathematik mit MATLAB, Scilab und Octave, Springer Spektrum, 2013

F. Haußer und Y. Luchko, Mathematische Modellierung mit MATLAB, Springer Spektrum, 2011

A. Quarteroni, F. Saleri, K. Sapezla, Wissenschaftliches Rechnen mit MATLAB, Springer, 2006

Links

Languages of instruction	German, English
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	jährlich
Module capacity	30 (Verfahren siehe StudIP)

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
--------------------	-----------------------	----------------------------

Final exam of module

Klausur oder fachpraktische Übung am Ende der Veranstaltungszeit nach Maßgabe der Dozentin oder des Dozenten.

1 benotete Prüfungsleistung

Klausur zu VL und Ü (max. 2 Stunden) oder mündliche Prüfung oder fachpraktische Übung (Programmieraufgabe mit mündlicher Kurzprüfung, max. 30 min) nach Maßgabe des Dozenten

Aktive Teilnahme

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. Die Festlegung hierzu erfolgt durch den Lehrenden zu Beginn des Semesters bzw. zu Beginn der Veranstaltung.

Type of course	Lecture and exercise
SWS	4
Frequency	WiSe
Workload attendance time	56 h

mar671 - Statistics Software R: Introduction

Module label	Statistics Software R: Introduction
Module code	mar671
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Ruckdeschel, Peter (module responsibility)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

Kompetenzziele

- Exemplarisches Kennenlernen weiterer angrenzender Gebiete und damit Erweiterung des eigenen Fachwissens
- Kennenlernen von Anwendungen
- Fähigkeit, vorhandene Software zu verstehen, einzubinden und anzuwenden
- Vertiefung, auch exemplarisch, der im Grundlagenbereich erworbenen Kenntnisse
- Erwerb direkt berufsbezogener inhaltlicher und prozessorientierter Kompetenzen
- Erweiterung des mathematischen Wissens, vor allem aus der Statistik
- Kennenlernen von Software zur Statistik
- Fähigkeit, vorhandene Statistiksoftware und Anwendungspakete zu verstehen, einzubinden und anzuwenden

Software-Kompetenzen

- die Studierenden können die Software R eigenständig zur Lösung statistischer Probleme anwenden
- sie lernen das R-Ökosystem in seiner Organisation mit CRAN, R-Code, den vielen Foren, Mailinglisten, den vielen bereitgestellten Ergänzungspaketen zu R kennen und können sich darin eigenständig mit Information versorgen
- sie können eigenständig für die Problemstellung relevante Ergänzungspakete identifizieren, installieren und verwenden
- sie verstehen in wesentlichen Zügen, wie der Interpreter R Code auf dem Rechner umsetzt, und können so Fehler in eigenem und fremden Code identifizieren

Programmierkompetenzen

- in einem Kurs zur Statistischen Software R werden den Studierenden Grundlagen der Programmierung vermittelt
- die Studierenden machen Erfahrungen im gemeinsamen Programmieren und lernen dabei gute Dokumentation, Kommentierung und Coding Standards wertschätzen
- sie kennen Tools zur Organisation und Versionierung gemeinsamen Programmiercodes wie git, gitlab

statistische Kompetenzen

- die Studierenden können für eine statistische Fragestellung die geeigneten Verfahren identifizieren und in ihrer Aussagetragweite einschätzen
- sie haben ein tieferes Verständnis dafür, wie prädiktive Modelle in R deklariert werden und können diese passgenau in praktischen Anwendungen formulieren
- sie können statistische Sachverhalte geeignet graphisch illustrieren und diagnostische Plots zur Bewertung der Güte der eingesetzten Verfahren auswählen
- sie sind in der Lage, Fachfremden Inhalt und Tragweite der eigenen statistischen Analyse zu vermitteln

Kompetenzen bei der Organisation gemeinsam verfasster wissenschaftlicher Arbeiten

- die Studierenden sammeln Erfahrung bei der Organisation von Programmierung und beim Verfassen wissenschaftlicher Texte in Gruppen
- sie setzen Werkzeuge des "literate programming" wie Sweave und knitR ein, um für eine einheitliche Verwebung von Analyse-Code, Daten und Bericht/Auswertung zu sorgen
- sie beachten aktiv die FAIR - Prinzipien des Forschungsdatenmanagements

Module contents

Vorbereitung und Installation von R; Interaktion mit R: die GUI, R-Studio, Pakete, Dokumentation & Hilfe; eine Beispielsession; Objekte inspizieren, erzeugen, speichern, laden; Datenimport; GrundDatenstrukturen: Vektoren, Listen, Matrizen, Data.frames; Indizierung; Funktionen: Aufbau und Aufruf;

Explorative Datenanalyse und Tests in R; Simulationen in R, Graphik;
Regression in R; Programmierstrukturen

Recommended reading

Ligges, U. Programmieren mit R. Springer

Chambers, John. Software for data analysis: programming with R. Springer.

Dalgaard, Peter. Introductory statistics with R. Springer.

Venables, William, and Brian D. Ripley. S programming. Springer.

Wickham, Hadley. ggplot2: elegant graphics for data analysis. Springer.

Xie, Yihui. Dynamic Documents with R and knitr. CRC Press, 2013.

Links

Languages of instruction	German, English			
Duration (semesters)	1 Semester			
Module frequency	jährlich			
Module capacity	unlimited			
Examination	Prüfungszeiten		Type of examination	
Final exam of module	Klausur am Ende der Veranstaltungszeit, fachpraktische Übungen oder mündliche Prüfung nach Maßgabe der Dozentin oder des Dozenten		KL	
Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	SuSe or WiSe	28
Exercises		2	SuSe or WiSe	28
Total module attendance time				56 h

mar354 - Advanced mathematical modelling

Module label	Advanced mathematical modelling
Module code	mar354
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none"> • Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule • Master's Programme Marine Environmental Sciences (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none"> • Blasius, Bernd (module responsibility) • Ryabov, Alexey (Module counselling)
Prerequisites	

Skills to be acquired in this module

Die Studierenden erlangen vertiefte Kenntnisse in mathematischer Modellierung mit besonderer Spezialisierung auf moderne Anwendungen in ungeordneten Systemen und Extremereignissen. Sie erlernen Modelle zu verschiedenen Fragestellungen aufzustellen und zu analysieren, die Ergebnisse darzustellen und kritisch zu hinterfragen.

Module contents

Modelling approaches for random processes in biological, environmental, natural and social systems with a focus on modern applications:

- Introduction to random numbers and probability distributions (moments, generating functions)
- Stochastic processes and random walks
- Models of animal movement (Levy walks and flights)
- Power laws (scale-free distributions, extreme events, inequality)
- Fractals and surface growth models
- Preferential attachment (Simon model, neutral theory of biodiversity, scale free networks)
- Scaling theory (metabolic scaling, distribution networks)

Recommended reading

D. Stirzaker (Cambridge). Probability and random variables: a beginners guide.
 Grimmet & Stirzaker (Oxford). Probability and random processes.
 W. Feller (Wiley). An introduction to probability theory and its applications I & II.
 M. Schroeder (Freeman). Fractals, chaos, power laws: Minutes from an infinite paradise.
 Van Kampen (NorthHolland). Stochastic processes in physics and chemistry.
 D. ben-Avraham & S. Havlin (Cambridge). Diffusion and reactions in fractals and disordered systems.

Links

Language of instruction	English	
Duration (semesters)	1 Semester	
Module frequency	jährlich	
Module capacity	unlimited	
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination

Final exam of module

Klausur am Ende der Veranstaltungszeit oder fachpraktische Übung oder mündliche Prüfung nach Maßgabe der Dozentin oder des Dozenten.

1 benotete Prüfungsleistung.
 Klausur oder fachpraktische Übung oder mündliche Prüfung

Aktive Teilnahme
 Aktive Teilnahme umfasst z.B. die regelmäßige

Examination

Prüfungszeiten

Type of examination

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. Die Festlegung hierzu erfolgt durch den Lehrenden zu Beginn des Semesters bzw. zu Beginn der Veranstaltung.

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	WiSe	28
Exercises		2	WiSe	28
Total module attendance time				56 h

mar672 - Soil Science, Hydrology and Ecosystem

Module label	Soil Science, Hydrology and Ecosystem
Module code	mar672
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Massmann, Gudrun (module responsibility)• Maurischat, Philipp (Module counselling)
Prerequisites	

Skills to be acquired in this module

Studierende besitzen nach erfolgreichem Besuch des Moduls

- (i) Grundlagenwissen über den Bereich der Bodenkunde
- (ii) Grundlagenwissen im Bereich der Hydrologie
- (iii) Grundlagenwissen der ökosystemaren Zusammenhänge im Bereich der Vegetationsökologie
- (vi) vertiefte Fähigkeit zur Auswertung und Darstellung bodenkundlich-hydrologisch-vegetationskundlicher Untersuchungen
- (vii) Fähigkeiten zum eigenständigen Erschließen bodenkundlich-hydrologisch-vegetationskundlicher Literatur bzw. Informationen

Module contents

Hydrologie:

Wasserkreislauf, Grundbegriffe der Hydrologie, hydrologische und hydrogeologische Prozesse und Speicher, Mess- und Berechnungsverfahren, Wasserchemismus, Gewässerschutz.

Bodenkunde:

Eigenschaften von Böden, Nährstoffe und Schadstoffe, Bodengefährdungen und Bodenschutz.

Messmethoden und -berechnungen.

Einführung in den Stoffhaushalt von Pflanzenbeständen Mitteleuropas:

Eigenschaften von Ökosystemen hinsichtlich ihrer Produktivität

Phosphorhaushalt, Stickstoffhaushalt, Kohlenstoffhaushalt Wasserhaushalt

Stoffflüsse, Stofftransporte

Zusammenhänge zwischen Nährstoffeinträgen in Ökosysteme und Biodiversität

Recommended reading

Blum (2007): Bodenkunde in Stichworten. 6. Aufl. Borntraeger, Stuttgart
Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5)
Baumgartner & Liebscher (1996): Allgemeine Hydrologie
Hölting & Coldewey (2005): Hydrogeologie
Schulze, Beck, Müller-Hohenstein: Pflanzenökologie. Spektrum Verlag 2004
Smith, Smith (2009): Ökologie, Pearson Studium
Beierkuhnlein (2007): Biogeographie, UTB Taiz,
Zeiger (2007): Plant Physiology

Links

Language of instruction	German	
Duration (semesters)	1 Semester	
Module frequency	jährlich	
Module capacity	unlimited	
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	Klausur am Ende der Veranstaltungszeit, alle anderen Prüfungsleistungen nach Maßgabe der Dozentin oder des Dozenten.	KL
Type of course	Lecture	
SWS	4	
Frequency	SuSe or WiSe	
Workload attendance time	56 h	

mar673 - Hydrogeology

Module label	Hydrogeology
Module code	mar673
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Massmann, Gudrun (module responsibility)• Greskowiak, Janek (Module counselling)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

Studierende besitzen nach erfolgreichem Besuch des Moduls:

- (i) auf dem Aufbaumodul (mar070) aufbauende vertiefte theoretische Kenntnisse der Hydrologie und Hydrogeologie
- (ii) auf dem Aufbaumodul (mar070) aufbauende Kenntnisse über praktische hydrogeologische Methoden in Feld und Labor
- (iii) vertiefte Fähigkeiten zur Auswertung und Darstellung hydrogeologischer Untersuchungsergebnisse
- (iv) Wissen/Erfahrungen über Techniken des hydrogeologischen Arbeitens im Team
- (v) Fähigkeit zur selbständigen Bearbeitung hydrogeologischer Fragestellungen
- (vi) Wissen/Erfahrungen über die Kommunikation hydrogeologischer Sachverhalte und Ergebnisse eigener Arbeit.

Im Modul werden vertiefte Kenntnisse über theoretische und praktische hydrogeologische Kompetenzen im terrestrischen (landschaftsökologischen) Bereich vermittelt.

Module contents

Hydrogeologie:

Vertiefende theoretische Grundlagen der Hydrogeologie: Hydraulik, Hydrochemie, Wasser/Gesteins-Wechselwirkungen, Stofftransport im Grundwasser, Isotopenhydrogeologie, Grundwasserkontamination, Gewässer- und Grundwasserschutz

Hydrogeologische Übungen:

Erlernen und Anwendung der wichtigsten hydrogeologischen Darstellungs- und Auswertemethoden auf Basis der Vorlesungen Hydrologie und Hydrogeologie

Recommended reading

Appelo & Postma (2005): Geochemistry, Groundwater and Pollution. A.A. Balkema

Baumgartner, A. & Liebscher, H.-J. (1990): Allgemeine Hydrologie, Bd.1: Quantitative Hydrologie. Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart

Hörling & Coldewey (2009): Hydrogeologie. Springer Mattheß & Ubell (1983): Lehrbuch der Hydrogeologie 1. Allgemeine Hydrogeologie, Grundwasserhaushalt.

Gebrüder Bornträger

Mattheß (2005): Die Beschaffenheit des Grundwassers. Gebrüder Bornträger

Links

Language of instruction	German
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	jährlich
Module capacity	unlimited

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	Klausur am Ende der Veranstaltungszeit, alle anderen Prüfungsleistungen nach Maßgabe der Dozentin oder des Dozenten	KL

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		1	SuSe or WiSe	14
Exercises		2	SuSe or WiSe	28
Total module attendance time				42 h

inf005 - Software Engineering I

Module label	Software Engineering I
Module code	inf005
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Bachelor's Programme Business Informatics (Bachelor) > Aufbaucurriculum - Pflichtbereich• Bachelor's Programme Computing Science (Bachelor) > Aufbaumodule• Bachelor's Programme Mathematics (Bachelor) > Nebenfachmodule• Dual-Subject Bachelor's Programme Computing Science (Bachelor) > Aufbaumodule (60 KP)• Master of Education Programme (Vocational and Business Education) Computing Science (Master of Education) > Pflichtbereich• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Winter, Andreas (module responsibility)• Lehrenden, Die im Modul (authorised to take exams)
Prerequisites	

Expected/useful experience

from inf030 Programming, Data structures and Algorithms

Professional competence

The students:

- describe basic concepts of imperative programming with Java
- recognise imperative programming terminology and use the appropriate terms accurately in discussions
- recognise basic terminology of object-oriented programming
- describe what programs presented to them do
- independently develop programs to solve small problems
- systematically examine their own and other people's programmes for errors
- use modern programme development environments to develop and test programmes
- create algorithms with general design concepts (e.g. Greedy method, divide-and-conquer method)
- name algorithms and data structures for solving common problems and evaluate their applicability
- name problems of efficiency of algorithmic solutions of concrete problems and evaluate them
- make a well-founded choice of an algorithm and a data structure for solving a concrete problem
- apply the learned algorithms and data structures sensibly to given and concrete problems

Methodological competence

The students:

- solve given problems from the point of view of imperative or object-oriented programming
- transfer practical experience in programme development to new tasks

Social competence

The students:

- communicate the structure and mode of operation of self-developed programmes to others
- present solutions to small tasks in front of groups

Self-competence

The students:

- organise themselves in finding algorithmic solutions to small and medium-sized problems in computer science
- incorporate the concepts of general programme design in their actions

from inf030 Object-oriented Modelling and Programming

Professional competence:

The students:

- know basic concepts of object-oriented modelling and UML as modelling notation
- know basic concepts of object-oriented programming with Java
- know the terminology of object-oriented modelling and programming and use the appropriate terms precisely in discussions
- can describe what object-oriented programmes presented to them do
- independently develop models and programmes for solving medium-sized problems
- systematically examine their own and other people's models and programmes for errors
- use modern development environments for modelling and developing programmes
- know the differences between the imperative, object-oriented, functional, logical and rule-based programming paradigms

Methodological competence:

The students:

- independently develop programmes for given problems by consistently applying the concepts of object-oriented modelling and programming
- transfer practical experience in programme development to new tasks
- independently develop programmes with concurrency
- can independently apply known solution methods to complex problems

Social competence:

The students:

- communicate the structure and mode of action of self-developed models and programmes to others
- present independently developed solutions to groups

Self-competence:

The students:

- organise themselves when developing programmes for small and medium-sized problems in computer science
- incorporate the concepts of object-oriented programme design in their actions

Skills to be acquired in this module

The objective of the module is to convey the development and maintainance of large scale software systems. The complete software developing process including requirements elicitation, software architecture and quality assurance, is covered in both classic and agile approaches. Basic concepts of object-oriented modeling and software development based on the Unified Modeling Language are covered in depth.

Professional competence

The students:

- recognize the phases in the software life cycle (requirements elicitation, design, implementation, quality assurance)
- name the tasks involved in each phase

- recognize and evaluate the arrangement of these activities in classic and agile approaches
- assess and select suitable process models for the realization of projects
- understand the advantages of the modelling process with UML
- develop and evaluate models in different UML notations and their combinations
- solve given problems with the help of UML notations

Methodological competence

The students:

- structure, evaluate, differentiate and use procedures of classic and agile project management
- structure, document and evaluate problems and solutions using the tools of object-oriented modeling
- apply methods and techniques of object-oriented modeling with UML in a targeted manner

Social competence

The students:

- create, present and discuss solutions to problems using modeling techniques
- describe and solve given modeling problems in teams

Self-competence

The students:

- reflect on their actions when describing problems and developing solutions

Module contents

The module introduces fundamental terms and concepts of software engineering.

These include

- Necessity of software engineering
- Principles of software engineering
- Activities and process models of software development (classic, agile)
- Object-oriented modeling, metamodeling
- Synchronization of code and models
- Determination and documentation of requirements (classic, agile)
- Definition of software architectures
- Use of software development patterns
- Definition and assurance of software quality
- Maintenance and operation of software systems

Recommended reading

- Slide script for the lecture
- Ian Sommerville: Software Engineering, Addison-Wesley Longman, Amsterdam, 10. Ed. (Global Edition). 2015.
- Helmut Balzert: Lehrbuch der Software-Technik, Spektrum Akademischer Verlag, 3. Auflage 2009.
- Anja Metzner: Software-Engineering – kompakt, Hanser, München, 2020.
- Ravi Sethi: Software Engineering: Basic Principles and Best Practices, Cambridge University Press, 8. Dezember 2022.
- Chris Rupp, Stefan Queins: UML 2 glasklar. Praxiswissen für die UML-Modellierung, Carl Hanser Verlag, 4. Auflage 2012.
- Martina Seidl, Marion Scholz, Christian Huemer, Gerti Kappel, UML @ Classroom: An Introduction to Object-Oriented Modeling, Springer, 2015.
- Christoph Kecher, Alexander Salvanos, Ralf Hoffmann-Elbern: UML 2.5, Das umfassende Handbuch. 7. Aufl. Rheinwerk Computing, 2021.
- OMG Unified Modeling Language, Version 2.5.1 (formal/17-12-05), Dec. 2017, <https://www.omg.org/spec/UML/>,

Links

Language of instruction

German

Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	annual
Module capacity	unlimited
Teaching/Learning method	V+Ü

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	At the end of the lecture period	Written exam (as a rule) Oral examination or portfolio (after consultation with the examination office, e.g. if compensation for disadvantages has been granted)

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		3	WiSe	42
Exercises		2	WiSe	28
Total module attendance time				70 h

mar363 - Theory of Ecological Communities

Module label	Theory of Ecological Communities
Module code	mar363
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none"> • Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule • Master's Programme Marine Environmental Sciences (Master) > Mastermodule • Master's Programme Sustainability Economics and Management (Master) > Supplementary Modules
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none"> • Blasius, Bernd (module responsibility)
Prerequisites	

Skills to be acquired in this module

VLÜ Theorie ökologischer Gemeinschaften

Vermittlung der grundlegenden Theoriegebäude zur Beschreibung von Koexistenz und Biodiversität in ökologischen Lebensgemeinschaften. Die Studierenden erlangen ein intuitives und mathematisches Verständnis der verschiedenen Koexistenzmechanismen und sind in der Lage, aufbauend auf diesen Theorien eigene Modellerweiterungen zu entwickeln und diese numerisch zu analysieren.

Module contents

VLÜ Theorie ökologischer Gemeinschaften

Grundlegende theoretische Modelle zur Beschreibung des Artenreichtums in ökologischen Gemeinschaften.

Inhalt: Biodiversitätsindizes, Lotka-Volterra Modelle, Invasionsanalyse, ressourcenbasierte Konkurrenz, MacArthur-Levins Modell zur Konkurrenz auf einem Umweltgradienten, Inselbiogeographie und neutrale Theorie der Biodiversität.

Recommended reading

Wird in den Veranstaltungen bekannt gegeben.

Links

Language of instruction	German
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	jährlich
Module capacity	unlimited

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
-------------	----------------	---------------------

Final exam of module

Klausur am Ende der Veranstaltungszeit oder fachpraktische Übung oder mündliche Prüfung nach Maßgabe der Dozentin oder des Dozenten.

1 benotete Prüfungsleistung

Klausur oder fachpraktische Übung oder mündliche Prüfung

Aktive Teilnahme

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. Die Festlegung hierzu erfolgt durch den Lehrenden zu Beginn des Semesters bzw. zu Beginn der Veranstaltung.

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	SuSe	28
Exercises		2	SuSe	28
Total module attendance time				56 h

mar722 - Ecology of Plants and Animals

Module label	Ecology of Plants and Animals
Module code	mar722
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Kiel, Ellen (Module counselling)• Zotz, Gerhard (Module counselling)• N., N. (module responsibility)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

- 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 biologisch-ökologischen Prozesse, die das Auftreten von Tiere in der Landschaft steuern, ihre Habitatbindung und Populationsdynamik beeinflussen, ihre Migration und Ausbreitung bedingen oder Überlebensstrategien darstellen.
- 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.

Module contents

VL Stoffhaushalte der Pflanzen in Landschaften

Ökophysiologie von Pflanzen, vor allem in Bezug auf Umweltstress

VL Ökologie der Tiere/VL Ökologie der Pflanzen

Ökologie von Arten/Organismen, Populationen und Gemeinschaften. Ausgewähltes Hintergrundwissen in Themenbereichen, die für die Landschaftsökologie in Forschung und Anwendung von Bedeutung sind (z.B. Habitatbindung, Bioindikation, Migration, Verbreitung, Konkurrenz, Populationsdynamik).

Recommended reading

Auf aktuelle Publikationen wird in den Veranstaltungen hingewiesen

Begon et al. 2006: Ecology. Blackwell Publishing, Malden, Oxford & Carlton

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.

Links

Languages of instruction	German, English	
Duration (semesters)	1 Semester	
Module frequency	jährlich	
Module capacity	unlimited	
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	Klausur am Ende der Veranstaltungszeit	KL
Type of course	Lecture	
SWS	4	
Frequency	SuSe or WiSe	
Workload attendance time	56 h	

mar357 - Marine Chemistry and Geochemistry

Module label	Marine Chemistry and Geochemistry
Module code	mar357
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule• Master's Programme Marine Environmental Sciences (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Pahnke-May, Katharina (module responsibility)• Seidel, Michael (Module counselling)• Wilkes, Heinz (Module counselling)• Wurl, Oliver (Module counselling)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

Ziel des Moduls ist die Vermittlung eines biogeochemischen Verständnisses der Meere. Betrachtet werden sowohl die gelösten Stoffe und Stoffkreisläufe in der Wassersäule als auch die biogeochemische Zusammensetzung und Prozesse in marinen Sedimenten.

Fachkompetenzen

Die Studierenden:

- Verstehen Element-Kreisläufe im Meer, speziell von Spurenelementen und Kohlenstoff
- Verstehen die Verteilung von Elementen im Meerwasser und die geochemische Zusammensetzung mariner Sedimente
- Erkennen und verstehen die Rolle von Elementen für biogeochemische Prozesse
- Besitzen Kenntnisse zu Frühdiagenese, Hydrothermalsystemen, Manganknollen
- Besitzen Kenntnis zur Ablagerung, Erhaltung und Transformation von organischem Material in marinen Sedimenten
- Erkennen den Nutzen von Spurenelementen als Anzeiger für geochemische Bedingungen und Prozesse während und nach der Ablagerung von marinen Sedimenten

Methodenkompetenzen

Die Studierenden:

- Kennen die Grundlagen zur Gewinnung von Probenmaterial und zu chemischen Analysen
- Entwickeln Fähigkeiten zu selbstreguliertem Lernen

Module contents

VL Chemische Ozeanographie

Grundlagen der Physikalischen Ozeanographie (Ozeanzirkulation), Eintrag und Verbleib von Spurenelementen, Nährstoffen und organischem Material, Stoffkreisläufe, Rolle von Spurenelementen im Meer

VL Meeresgeochemie

Die Erde als Wasser-Planet, Topographie und Struktur der Ozeane, Klassifikation und Hauptkomponenten von marinen Sedimenten, deren Entstehung und geographische Verteilung, geochemische Zusammensetzung, Spurenelemente, frühdiagenetische Prozesse, submarine Hydrothermalsysteme, Mn-Knollen, Datierungsmethoden.

Primärproduktion, Ablagerung organischen Materials, selektive Erhaltung, Transformationsprozesse organischen Materials, molekulare Zusammensetzung organischen Materials in marinen Sedimenten, Diagenese, Katagenese, Metagenese, organisches Material als Proxyparameter.

Recommended reading

Wird in den Veranstaltungen bekannt gegeben.

Links

Language of instruction	German
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	jährlich
Module capacity	unlimited

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
-------------	----------------	---------------------

Final exam of module

Termin wird zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben. **1 benotete Prüfungsleistung**
Klausur oder mündliche Prüfung

Type of course	Lecture
-----------------------	---------

SWS	4
------------	---

Frequency	WiSe
------------------	------

Workload attendance time	56 h
---------------------------------	------

mar356 - Ocean-Climate-Environmental Physics

Module label	Ocean-Climate-Environmental Physics
Module code	mar356
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule• Master's Programme Marine Environmental Sciences (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Ryabov, Alexey (module responsibility)• Feudel, Ulrike (Module counselling)• Garaba, Shungudzemwoyo (Module counselling)• Lettmann, Karsten (Module counselling)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

Die Vorlesungen behandeln die grundlegenden Prinzipien der Strömungsdynamik und der Atmosphärenphysik, wobei von einfachen physikalischen Gesetzen bis hin zu komplexen Klimamodellen und Fernerkundungsdaten vorgegangen wird. Zunächst werden die grundlegenden Gleichungen des Transports und der Turbulenz in flüssigen Medien vorgestellt und ihre Anwendungen bei der Modellierung der Meereisdynamik und der Ozeanzirkulation veranschaulicht. Die Rolle des Windes, der Corioliskraft und des Ekman-Transports beim Antrieb der Ozeanzirkulation wird erläutert. Die Vorlesungen führen auch in die physikalischen Gesetze ein, die die Gasdynamik in der Atmosphäre regeln, und zeigen auf, wie diese Gesetze vertikale Druck- und Temperaturgradienten in atmosphärischen Schichten erzeugen, wie diese Gradienten durch die Anwesenheit von Wasserdampf beeinflusst werden, und wie der Verlust der Stabilität der Luftsäule globale Wind-, Bewölkungs- und Niederschlagsmuster erzeugt. Der Energiehaushalt der Erde wird anhand einer Reihe von Modellen untersucht, die von einfach bis komplex reichen und Einblicke in die Temperaturverteilung und den Treibhauseffekt geben, wobei der Schwerpunkt auf der Rolle von CO₂, Wasserdampf und anderen Treibhausgasen liegt. Darüber hinaus werden in den Vorlesungen Klimaindizes wie z.B. die Südliche Oszillation, die Nordatlantische Oszillation, der Niño 3 Index, und ihre Beziehungen zu globalen Klimamustern wie El Niño, La Niña sowie zur Variation des Jetstreams, des Indischen Monsuns, der thermohalinen Ozeanzirkulation und der Bildung von Nordatlantischem Tiefenwassers diskutiert. Schließlich werden die Prinzipien der Fernerkundung, verschiedene Sensortypen und Methoden zur Korrektur von Satellitendaten erforscht, um ihre Bedeutung für die heutige Klimawissenschaft zu unterstreichen.

Fachkompetenzen

Die Studierenden:

- kennen und verstehen die grundlegenden partiellen Differentialgleichungen im Rahmen der Strömungsmechanik (z.B. Kontinuitätsgleichung, Navier-Stokes-Gleichung, verschiedene Formen der thermischen Zustandsgleichung)
- verstehen die grundlegenden Prozesse, die das Klimasystem regulieren.
- kennen und verstehen einführende Anwendungen der physikalischen Ozeanografie wie z.B. die wind-getriebene Zirkulation des Ozeans oder den Ekmantransport
- kennen wichtige Klimaindizes und Prozesse, die die Variabilität und Dynamik des Klimasystems auf verschiedenen Zeitskalen bestimmen
- kennen die grundlegenden physikalischen Bedingungen für das Auftreten von ausgewählten Klimaphänomenen
- verfügen über ein grundlegendes Verständnis der Methoden der Fernerkundung des Klimasystems
- verfügen über ein grundlegendes Verständnis in der Modellierung des Klimasystems

Methodenkompetenzen

Die Studierenden:

- verstehen die grundlegenden Prinzipien, die die Zirkulation und die Temperatur des Ozeans und der Atmosphäre sowie die Wechselwirkungen zwischen diesen Kompartimenten bestimmen.
- können das Softwaresystem MATLAB in grundlegenden Zügen bedienen und auf die Bearbeitung wissenschaftlicher Fragestellungen im Rahmen einiger Vorlesungsthemen anwenden
- verfügen über einführende Kenntnisse in der Anwendung und Arbeit mit gewöhnlichen und partiellen Differentialgleichungen

Sozialkompetenzen

Die Studierenden:

- lösen die Probleme und Anwendungsaufgaben u.a. in Kleingruppen
- präsentieren ihre Lösungen der Probleme öffentlich im Rahmen der Übungen

Selbstkompetenzen

Die Studierenden:

- reflektieren ihre Lösungen u.a. während der Präsentation und im öffentlichen Diskussionsprozess
- lernen fachliche Hürden und persönliche Unzulänglichkeiten auszuhalten und durch eigene Anstrengungen zu überwinden

Module contents

- Einführung in das Klimasystem
- Messmethoden der Erdbeobachtung
- Strahlung und Strahlungstransport
- Einfache Klimamodelle
- Geophysikalische Fluidynamik
- Turbulenz in Ozean und Atmosphäre
- Grundlegende Klimaphänomene

Recommended reading

Principles of Environmental Physics: Plants, Animals and the Atmosphere (Monteith, Unsworth) – online BIS

Weitere Literatur wird in der Veranstaltungen bekannt gegeben.

Links

Languages of instruction	German, English
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	jährlich
Module capacity	unlimited

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
-------------	----------------	---------------------

Final exam of module

Termin wird zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben. 1 benotete Prüfungsleistung
Klausur oder mündliche Prüfung

Aktive Teilnahme

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

Examination

Prüfungszeiten

Type of examination

Kurzreferat. Die Festlegung hierzu erfolgt durch den Lehrenden zu Beginn des Semesters bzw. zu Beginn der Veranstaltung.

Type of course

Comment

SWS

Frequency

Workload of compulsory attendance

Exercises

2

WiSe

28

Lecture

2

WiSe

28

Total module attendance time

56 h

mar723 - Biodiversity of Plants

Module label	Biodiversity of Plants
Module code	mar723
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Albach, Dirk Carl (module responsibility)• von Hagen, Klaus Bernhard (Module counselling)• Will, Maria (Module counselling)• Zotz, Gerhard (Module counselling)
Prerequisites	

Skills to be acquired in this module

Plant Biodiversity (VL)

Communicating deeper knowledge in ecology, phylogeny, evolution and genetics of plants
Communicating scale- and method-overarching thinking
Communicating deeper theoretic concepts of ecology, evolution and genetics of plants.

- deepened biological expertise
- deepened knowledge of biological working methods
- data analysis skills
- interdisciplinary thinking
- critical and analytical thinking
- independent searching and knowledge of scientific literature
- ability to perform independent biological research
- data presentation and discussion in English (written and spoken)
- teamwork
- ethics and professional behaviour

Interactions of plants with environmental parameters (SE)

Communication deeper knowledge in ecology, Communicating scale- and method-overarching thinking
Communicating deeper theoretic concepts of:

- deepened knowledge of biological working methods
- critical and analytical thinking
- independent searching and knowledge of scientific literature
- data presentation and discussion in German and English (written and spoken)
- ethics and professional behaviour

Module contents

VL Plant Biodiversity

Quantification of species numbers, dispersal, gradients, biogeography, biomes, functional diversity, pollination systems, life history, rarity, coexistence, invasive plants, global change, species protection

SE Interactions of plants with environmental parameters

Content changes annually depending on publication.

Recommended reading**Plant Biodiversity**

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

Weitere Literatur wird in den Veranstaltungen bekannt gegeben.

Links

Language of instruction	English	
Duration (semesters)	1 Semester	
Module frequency	annually	
Module capacity	unlimited	
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module		KL
	Written examination at the end of the course or practical exercises or oral examination or portfolio as specified by the lecturer	

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	WiSe	28
Seminar		2	WiSe	28
Total module attendance time				56 h

mar758 - Biogeochemical Modelling

Module label	Biogeochemical Modelling
Module code	mar758
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule• Master's Programme Marine Environmental Sciences (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Lennartz, Sinikka (module responsibility)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

Die Studierenden sind nach der Veranstaltung in der Lage, relevante Prozesse im marinen Kohlenstoffkreislauf zu erkennen, zu verstehen und deren mathematische Abbildung in Modellen eigenständig umzusetzen. Sie sind mit Modellstrukturen modularisierter Modelle vertraut und können sich in für sie fremden Modellumgebungen zurechtfinden. Sie können Modellergebnisse kritisch evaluieren und in den Kontext einordnen.

Module contents

VL Mechanismen und Modelle mariner Stoffkreisläufe

Grundlagen der prozessorientierten Modellierung in der Biogeochemie mit Schwerpunkt mariner Kohlenstoffkreislauf.

Inhalt: Aufbau und Entwicklung biogeochemischer Modelle, einfache und komplexe NPZD-Modelle (ein- und mehrdimensional), Rückkopplungsmechanismen im Kohlenstoffkreislauf-Klimasystem, Modellevaluierung, Chancen und Limitierungen simulierender Methoden, Beispiele aus aktueller Forschung mit Schwerpunkt Kohlenstoffspeicherung im Ozean.

SE Methoden der Biogeochemischen Modellierung

Praktische Vertiefung der Vorlesungsinhalte durch Implementierung eigener 0D/1D Modelle und Analyse der Modelldynamiken anhand von Fallstudien, Erstellen und Analysieren von Modellsimulationen mit einem einfachen 3D Ozeanmodell, Visualisierung von Modelloutput

Recommended reading

Wird in den Veranstaltungen bekannt gegeben.

Links

Languages of instruction	German, English
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	Kein Angebot im WiSe 2023/24
Module capacity	15 (
	VL: unbegrenzt, SE: max. 15 Studierende
)

Reference text

Kein Angebot im WiSe 2023/24

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
-------------	----------------	---------------------

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
-------------	----------------	---------------------

Final exam of module

Klausur am Ende der Veranstaltungszeit oder fachpraktische Übung oder mündliche Prüfung oder Hausarbeit nach Maßgabe der Dozentin oder des Dozenten.

1 benotete Prüfungsleistung

Klausur oder fachpraktische Übung oder mündliche Prüfung oder Hausarbeit

Aktive Teilnahme

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. Die Festlegung hierzu erfolgt durch den Lehrenden zu Beginn des Semesters bzw. zu Beginn der Veranstaltung.

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	WiSe	28
Seminar		2	WiSe	28
Total module attendance time				56 h

mar432 - Biogeochemistry

Module label	Biogeochemistry
Module code	mar432
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule• Master's Programme Marine Environmental Sciences (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Ehlert, Claudia (module responsibility)• Heyen, Simone (Module counselling)• Mori, Corinna (Module counselling)• Pahnke-May, Katharina (Module counselling)• Seidel, Michael (Module counselling)• Wilkes, Heinz (Module counselling)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

Ziel des Moduls ist die Vermittlung aktueller theoretischer und praktischer Kenntnisse der Biogeochemie, mit Fokus auf die marine Umwelt. Betrachtet werden Einträge, Austräge und Umwandlungsprozesse von Kohlenstoff und assoziierte Elementkreisläufe in unterschiedlichen Bereichen der marinen Umwelt. Vertieft werden Grundkenntnisse von Prozessen und Kreisläufen.

Fachkompetenzen

Die Studierenden:

- Entwickeln vertieftes Verständnis über organische und anorganische Biogeochemie mariner Systeme,
- Entwickeln vertieftes Verständnis zum organischen Kohlenstoffkreislauf und die assoziierten geochemischen Elementkreisläufe (Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Phosphor, Schwefel, Spurenelemente),
- Differenzieren die an diesen Kreisläufen auf unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Skalen beteiligten Prozesse,
- Vergleichen Eintrag, Produktion, Umsetzung und Abbau von organischem und anorganischem Material in Küstenregionen bis zum offenen Ozean, in der Wassersäule und Oberflächensedimenten,
- Entwickeln Verständnis für biogeochemisch relevante Prozesse an der Grenze zwischen Wasser und Sediment, und während frühdiagenetischer Umsetzung,
- Bewerten die Bedeutung des mikrobiellen Stoffwechsels für die Stoffflüsse in und den Stoffaustausch zwischen Atmosphäre, Hydrosphäre und Lithosphäre; die Klimarelevanz geobiologischer Stoffwechselprozesse; die Evolution des Lebens im Kontext geobiologischer Stoffwechselprozesse.

Methodenkompetenzen

Die Studierenden des SE Biogeochemische Stoffwechselprozesse und Stoffkreisläufe:

- Erlangen Erfahrung für geeignete Untersuchungsmethoden mariner biogeochemischer Prozesse
- Entwickeln Forschungshypothesen auf Basis aktueller Literatur

Die Studierenden des SE Praxisseminar Marine Biogeochemie:

- Entwickeln Forschungshypothesen auf Basis aktueller Literatur,
- Erlangen Erfahrung für geeignete Untersuchungsmethoden mariner biogeochemischer Prozesse und aktueller Forschungsfragen,
- Erlangen praktische Fähigkeiten zu Aufbau, Durchführung, Beprobung, Analyse, Datenauswertung und -darstellung, Präsentation und Diskussion von Feld- oder Laborversuchen.

Sozialkompetenzen

Die Studierenden des SE Biogeochemische Stoffwechselprozesse und Stoffkreisläufe:

- Lösen gegebene Probleme der Marinen Biogeochemie allein oder in Gruppen,
- Erarbeiten, präsentieren und diskutieren Studien zu methodischen Ansätzen und biogeochemischen Grundlagen.

Die Studierenden des SE Praxisseminar Marine Biogeochemie:

- Lösen gegebener/aktueller Probleme der Marinen Biogeochemie in Einzel-

und/oder Gruppenarbeit

- Erarbeiten, präsentieren und diskutieren Studien zu methodischen Ansätzen und biogeochemischen Grundlagen
- Entwickeln Fähigkeiten zur Konzipierung und Durchführung biogeochemischer Forschungsprojekte in einem interdisziplinär aufgestellten Forscherteam.

Selbstkompetenzen

Die Studierenden:

- reflektieren ihr Handeln bei der Präsentation und Diskussion aktueller Studien
- überprüfen ihre Entwicklung von Lösungsansätzen bei der Lösung aktueller Fragestellungen

Module contents

VL Marine Biogeochemie

Meerwasserchemie (Zusammensetzung von Meerwasser, Zusammenhang mit Ozeanströmungen); Spurenmetall- und Nährstoffverteilung (Spurenmetall-, Stickstoff-, Silizium- und Phosphor-Kreisläufe); Globaler Kohlenstoffkreislauf (Kohlenstoff-Flüsse und Reservoirs, Kohlenstoff-Sequestrierung, Änderungen des Kohlenstoff-Kreislaufs); Gelöstes organisches Material (DOM - dissolved organic matter, Zusammensetzung, Produktion und Senken, DOM Verteilung im Ozean, DOM Reaktivitätskontinuum, Langzeitstabilität); biogeochemische Methoden (Isolation von DOM, Analyse von Gesamtparametern, chemische Marker-Verbindungen, ultrahochauflösende Massenspektrometrie, optische DOM Messungen); Biogeochemie von Küstenregionen und Ästuaren (Fallstudien zu Flüssen und Ästuaren in Europa, Prozessstudien an Mississippi, Kongo, Amazonas und Amazonas-Fahne); Biogeochemische Quellen und Senken im Ozean, Sedimente und Grundwasser (marine Sedimente, Redoxzonierung, küstennahes Grundwasser, submariner Grundwasseraustrag, subterrene Ästuare, Fallstudien Nordsee: Strand, Sandbank, Nährstoffdynamik in der Wassersäule); Biomineralisation; Anthropogene Biogeochemie (natürliche und künstliche Eisendüngung); Öl im Meer (Herkunft, Zusammensetzung, Erdöl-Austritte, Erdöl-Verwitterung, Ölverschmutzung – Deep Water Horizon Fallstudie)

SE Biogeochemische Stoffwechselprozesse und Stoffkreisläufe

Organischer Kohlenstoffkreislauf und die eng mit diesem assoziierten geochemischen Kreisläufe anderer Elemente (Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel); die an diesen Kreisläufen auf unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Skalen beteiligten Prozesse; die Biochemie wichtiger Stoffwechselprozesse in geologischen Systemen; die abiotische Genese mikrobieller Substrate; die Bedeutung des mikrobiellen Stoffwechsels für die Stoffflüsse in und den Stoffaustausch zwischen Atmosphäre, Hydrosphäre und Lithosphäre; die Klimarelevanz geobiologischer Stoffwechselprozesse; die Evolution des Lebens im Kontext geobiologischer Stoffwechselprozesse; geeignete Untersuchungsmethoden.

SE Praxisseminar Marine Biogeochemie

Erarbeitung des wissenschaftlichen Hintergrundes in Seminarbeiträgen in Einzelarbeit und Kompetenzteams. Präsentation des wissenschaftlichen Forschungsstands und die gemeinsame Herausarbeitung spezifischer Forschungshypothesen. Teilnahme an einem Feldversuch, einer Ausfahrt oder eines laborbasierten Inkubationsversuchs sowie die Beprobung und Aufarbeitung der entsprechenden Proben. Dies beinhaltet im Detail: Bestimmung der Konzentrationen gelöster und partikulärer Haupt- und Spurenelemente, Nährstoffgehalte, Charakterisierung des gelösten und partikulären organischen Materials. Die Gesamtheit der Ergebnisse wird in Fokusgruppen und im Plenum in Bezug auf die aufgestellten Forschungshypothesen aufgearbeitet, diskutiert und in die aktuelle Forschung eingeordnet.

Recommended reading

Wird in den Veranstaltungen bekannt gegeben.

Links

Language of instruction	German
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	jährlich
Module capacity	8 (
)
	Teilnahmebegrenzung gilt nur für das SE Praxisseminar Marine Biogeochemie

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
--------------------	-----------------------	----------------------------

Final exam of module

Wird in den Veranstaltungen zu Beginn durch den Dozenten/die Dozentin bekannt gegeben.

1 benotete Prüfungsleistung

Präsentation im SE Biogeochemische Stoffwechselprozesse und Stoffkreisläufe ODER im SE Praxisseminar Marine Biogeochemie

Aktive Teilnahme

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. Die Festlegung hierzu erfolgt durch den Lehrenden zu Beginn des Semesters bzw. zu Beginn der Veranstaltung.

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	SuSe	28
Seminar		2	SuSe	28
Total module attendance time				56 h

mar431 - Marine Climatology

Module label	Marine Climatology
Module code	mar431
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule• Master's Programme Marine Environmental Sciences (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Wurl, Oliver (module responsibility)• Pahnke-May, Katharina (Module counselling)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

Ziel des Moduls ist die Vermittlung von zusammenhängenden Verständnissen der Ozeane und Klima. Betrachtet werden sowohl die Entwicklung der Ozeane und Klimas über die Erdgeschichte hinweg als auch über den Wandel des Ozeans mit der aktuellen Erwärmung des Klimas.

Fachkompetenzen

Die Studierenden:

- Verstehen gängige Modelle zur Erklärung von Ozean-Klimaänderungen
- Verstehen Ozean- und Klimaarchive in deren Relevanz und Anwendung
- Verstehen die physikalischen, chemischen und biologischen Veränderungen des Ozeans mit der Klimaerwärmung in den drei globalen Klimazonen
- Verstehen Veränderungen von Wetterphänomene mit der Klimaerwärmung, insbesondere Entstehung von Wirbelstürmen und Monsun.
- Besitzen Kenntnis zu Auswirkungen der Klimaerwärmung auf die Wirtschaft und Lebensqualität in Küstengebieten und Inselstaaten
- Besitzen Kenntnis über bedeutende Klimaereignisse aus der Erdgeschichte und deren Folgen.

Methodenkompetenzen

Die Studierenden:

- Kennen Methoden der Paläoozeanographie und –Klimatologie; einschließlich der unterschiedlichen Paläoproxies, Datierungsmethoden und Probengewinnung
- Kennen Methoden zur Erfassung von essentiellen Klimavariablen, sowohl schiff-basierte Techniken als auch Fernerkundung.
- Entwickeln Fähigkeiten zu selbstständigen Lernen in einem interdisziplinären Arbeitsgebiet

Module contents

VL Paleoceanography and -climatology

Abriss der Ozean- und Klimageschichte der Erde; marine und terrestrische Klimaarchive; Paläoproxies und deren Anwendung; Datierung von Klimaarchiven; Erklärungsmodelle: Plattentektonik, Milankovic-Zyklen, Ozeanzirkulation, atmosphärischer CO₂-Gehalt, Meteoriteneinschläge, Vulkanismus; Bedeutende Klima- und Aussterbeereignisse; Fallbeispiele.

VL Ocean and Climate Change

Meereserwärmung; Meeresspiegelanstieg; Ozeanversauerung; Rückgang von Meereis; Änderung von thermohaline Meeresströmungen; Statistik und Modelle für Vorhersagen; Geo-Engineering als Lösung?; Klimaschutz, Wirtschaft und Tourismus

Recommended reading

Wird in den Veranstaltungen bekannt gegeben.

Links

Language of instruction	English	
Duration (semesters)	1 Semester	
Module frequency	jährlich	
Module capacity	unlimited	
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	Termin wird zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben.	
		1 benotete Prüfungsleistung Klausur oder mündliche Prüfung
Type of course	Lecture	
SWS	4	
Frequency	SuSe	
Workload attendance time	56 h	

mar438 - Marine Environmental Chemistry

Module label	Marine Environmental Chemistry
Module code	mar438
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule• Master's Programme Marine Environmental Sciences (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Scholz-Böttcher, Barbara (module responsibility)• Wilkes, Heinz (Module counselling)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

Die Studierenden verstehen komplexe Wechselwirkungen zwischen anthropogen in die marine Umwelt eingetragenen Stoffen mit der Bio-, Hydro- und Geosphäre und können deren Verhalten in und Auswirkungen auf die marine Umwelt beurteilen (Quellen und Senken, Abgabe, Aufnahme- und Abbauverhalten). Sie sind in der Lage, Problemlösungen zu erkennen und zu diskutieren und daraus Konsequenzen für ein verantwortungsvolles Handeln abzuleiten.

Module contents

VL Anthropogene Schadstoffe in der marinen Umwelt

Die Vorlesung behandelt grundlegende Aspekte zu Verbleib, Wechselwirkungen sowie abiotischem und biotischem Abbauverhalten von anthropogen in die Meere eingetragenen Stoffen in der marinen Umwelt.

An ausgewählten Beispielen werden ihr Verhalten und die daraus erwachsenen Konsequenzen erörtert.

Zentrale Themen sind hierbei die zunehmende Vermüllung der Meere, der Eintrag verschiedenster Xenobiotika (Pestizide, Medikamente, technische Hilfsstoffe u.a.) in die finale Senke „Ozean“ und umfassende Aspekte zu Erdöl im Meer.

Hierbei stehen Quellen und Senken, das Abbauverhalten, die Abgabe bzw. die Aufnahme von Schadstoffen sowie die vielfältigen Wechselwirkungen mit der Bio- und Geosphäre sowie daraus erwachsende Konsequenzen im Vordergrund. In diesem Zusammenhang werden Aspekte zur Analyse, zur Beurteilung und Problemlösung diskutiert. Es werden ebenfalls Entstehung, Eigenschaften, Verfügbarkeit und Gewinnung und Transport von Erdöl und Erdgas behandelt und deren Bedeutung für die ereignisgesteuerte und chronische Ausbreitung in der Umwelt thematisiert.

SE Marine Umweltchemie

Direkt thematisch mit den jeweiligen Vorlesungseinheiten verknüpft werden mit Hilfe von aktueller Literatur die angesprochenen Aspekte vertieft, hinterfragt und diskutiert. Hierzu werden verschiedene Präsentationstechniken (Vortrag, Poster, Ausstellung u.a.) erarbeitet und erprobt.

Recommended reading

Wird in den Veranstaltungen bekannt gegeben.

Links

Language of instruction	German	
Duration (semesters)	1 Semester	
Module frequency	jährlich	
Module capacity	unlimited	
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
-------------	----------------	---------------------

Final exam of module

Am Ende des Sommersemesters

1 benotete Prüfungsleistung

Präsentation

Aktive Teilnahme

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. Die Festlegung hierzu erfolgt durch den Lehrenden zu Beginn des Semesters bzw. zu Beginn der Veranstaltung.

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	WiSe	28
Seminar		2	WiSe	28
Total module attendance time				56 h

mar459 - Macrobenthos communities

Module label	Macrobenthos communities
Module code	mar459
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none"> • Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule • Master's Programme Marine Environmental Sciences (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none"> • Schupp, Peter (module responsibility) • Rohde, Sven (Module counselling)
Prerequisites	

Skills to be acquired in this module

Dangerous marine animals

Die Studierenden besitzen nach Besuch der LV vertieftes Wissen über die Biologie und die Wirkmechanismen von gefährlichen Meeresorganismen. Zudem sind Behandlungsmethoden bekannt.

Ecology of Macrobenthos Communities

Die Studierenden besitzen nach Besuch der LV vertieftes Wissen über die Ökologie von marinen benthischen Gemeinschaften. Es werden aktuelle ökologische Konzepte und interspezifische Interaktionen diskutiert und die Folgen anthropogen verursachter Veränderungen sind deutlich geworden. Den Teilnehmern wurde insbesondere die Gemeinschaften des Makrozoobenthos und Makrophytobenthos nah gebracht.

Module contents

Dangerous marine animals

The following topics are covered in the lectures and seminars: biology of the major groups of dangerous marine animals; traumatic injuries; toxicity by contact or ingestion; toxin chemistry and function; accident prevention; first aid; students present case studies and first aid procedures during the seminars.

Ecology of Macrobenthos communities

Current ecological concepts and interspecific interactions are discussed.

Recommended reading

Will be announced in the courses.

Links

Language of instruction	English
Duration (semesters)	2 Semester
Module frequency	annually
Module capacity	unlimited

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
-------------	----------------	---------------------

Final exam of module

Will be announced by the lecturer at the beginning of the course.

1 graded examination

Presentation

Active participation

Active participation includes, for example, the regular submission of exercises, the preparation of solutions to exercises, the recording of the experiments or practical work carried out, the discussion of seminar contributions or presentations

Examination

Prüfungszeiten

Type of examination

of tasks or content in the course in the form of short reports or short presentations. This is determined by the lecturer at the beginning of the semester or at the beginning of the course.

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	SuSe	28
Seminar		2	WiSe	28
Total module attendance time				56 h

mar457 - Ecology of Benthic Microorganisms

Module label	Ecology of Benthic Microorganisms
Module code	mar457
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule• Master's Programme Marine Environmental Sciences (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Engelen, Bert (module responsibility)• Könneke, Martin (Module counselling)• Schupp, Peter (Module counselling)• Seidel, Michael (Module counselling)• Struve, Torben (Module counselling)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

The aim of the module "Ökologie benthischer Mikroorganismen" is to impart in-depth knowledge of microbial ecology with a focus on sediment microbiology in the frame of two lectures. In the lecture "Microbial ecology", the students learn about principles of microbial ecology, microbial habitats, and microbe – invertebrate interactions. This knowledge is deepened in the lecture "Sediment microbiology".

Professional competences

The students:

- deepen their knowledge on principles in microbial ecology (resources and growth, competition, predator-prey relations, biodiversity and ecosystem functioning)
- understand microbial processes and the effect of environmental conditions on microorganisms in different habitats (limnic, marine, terrestrial, anthropogenic, microbes and humans)
- get a deep insight into microbe – invertebrate interactions (biofouling, microbes as producers of secondary metabolites, sponge microbial associations, role of bacteria during invertebrate settlement)
- are able to describe the importance of microorganisms in biochemical cycles, including anaerobic processes and energy metabolism

Methodological competence

The students:

- can explain various methods and analytical procedures (cultivation of sediment bacteria, molecular biological methods, quantification of microorganisms and sampling at sea)

Social skills

The students:

- interact with students of the "Master microbiology" program

Self-competence

The students:

- develop their communication skills in English

Module contents

VL Microbial Ecology:

Principles of marine microbial ecology (Resources and Growth, Competition; Predator-prey Relations; Biodiversity and Ecosystem Functioning), microbial habitats (Limnic, marine, terrestrial habitats; anthropogenic habitats; microbes and humans), microbe – invertebrate interactions (biofouling; microbes as producers of secondary metabolites; sponge microbial associations; role of bacteria during invertebrate settlement).

VL Sediment Microbiology

Introduction into sediment microbiology including anaerobic processes, energy

metabolism, cultivation of sediment bacteria, adaptation to environmental conditions, molecular biological methods, quantification of microorganisms and sampling at sea.

Recommended reading

Will be announced in the courses.

Links

Language of instruction	English
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	annually
Module capacity	unlimited

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
-------------	----------------	---------------------

Final exam of module

Written examination at the end of the course or oral examination as specified by the lecturer. **1 graded examination**
Written exam or oral exam

Type of course	Lecture
SWS	4
Frequency	SuSe
Workload attendance time	56 h

mar458 - Aquatic Ecology

Module label	Aquatic Ecology
Module code	mar458
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule• Master's Programme Landscape Ecology (Master) > Wahlpflichtmodule• Master's Programme Marine Environmental Sciences (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Brinkhoff, Thorsten Henning (module responsibility)• Garcia, Sarahi Lorena (Module counselling)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

Studierende können nach erfolgreichem Besuch der Veranstaltungen die Bedeutung von Schwebstoffen für die Ökologie und Biogeochemie und die Gefährdung von Gewässern einschätzen und beurteilen, da sie sich vertieftes Wissen über folgende Gebiete angeeignet haben:

VL Grundlagen des Gewässerschutzes:

Störungen und Gefährdung natürlicher Gewässer, Eutrophierung, Phosphor- und Stickstoffbelastung natürlicher Gewässer, Saprobienysteme, Gewässerversauerung, hygienische Belastung, Trinkwasseraufbereitung, Abwasserklärung, hormonell wirksame Substanzen

VL Biologische Bedeutung von Schwebstoffen

Herkunft, Klassifizierung und Verteilung in Gewässern, Analytik, Transport und Sedimentation, Aggregation und Aggregatbildungsmechanismen, Fallbeispiele von Aggregationsereignissen, mikrobielle Besiedlung, mikrobielle Stoffumsatzaktivität, Strukturanalyse von aggregatassoziierten Bakteriengemeinschaften.

Module contents

VL Grundlagen des Gewässerschutzes

Allgemeine Grundlagen zum Verständnis von Gewässern (Seen, Flüsse, Grundwasser, Ästuar, Küstenmeere) für deren Gefährdungspotenzial.

Eutrophierung und Sanierung von Gewässern, Bedeutung von Phosphor- und Stickstoffverbindungen für die Nährstoffbelastung von Gewässern, chemische und biologische Charakterisierung und Klassifizierung von Gewässern, Ursachen und Folgen der Gewässerversauerung, hygienische Belastung, Trinkwasserversorgung und -aufbereitung, mechanische, biologische und chemische Abwasserklärung, hormonell wirksame Substanzen

VL Biologische Bedeutung von Schwebstoffen

Herkunft, Klassifizierung und Verteilung von Schwebstoffen in Gewässern, Analytik der Zusammensetzung von Schwebstoffen, Transport und Sedimentation von Schwebstoffen, Aggregation von Primärpartikeln und Aggregatbildungsmechanismen, Fallbeispiele von Aggregationsereignissen, mikrobielle Besiedlung von und mikrobielle Stoffumsatzaktivität auf Schwebstoffen, Strukturanalyse von Schwebstoff-assoziierten Bakteriengemeinschaften.

Recommended reading

VL Grundlagen des Gewässerschutzes

Skript vorhanden, wird auf Stud.IP hochgeladen.

Dokulil, M., Hamm, A., Kohl, J.G. Ökologie und Schutz von Seen. Facultas Universitätsverlag, Wien 2001.
Fent K., Ökotoxikologie, Thieme Verlag, Stuttgart 1998.

Frimmel, F.H., Wasser und Gewässer, ein Handbuch, Spektrum Verlag, Heidelberg 1999.
 Gunkel, G., Bioindikation in aquatischen Ökosystemen, Gustav Fischer Verlag, Jena 1994.
 Gunkel, G., Renaturierung kleiner Fließgewässer, Gustav Fischer Verlag, Jena 1996.
 Lozan, J.L. et al., Warnsignale aus der Nordsee, Paul Parey Verlag, Hamburg 1990.
 Lozan, J.L. et al., Warnsignale aus der Ostsee, Paul Parey Verlag, Hamburg 1996.
 Mudrack, K., Kunst, S., Biologie der Abwasserreinigung, Gustav Fischer Verlag 1991.
 Rohmann, U., Sontheimer, H., Nitrat im Grundwasser, Engler-Bunte-Institut, Universität Karlsruhe 1985.
 Schulze, E., Hygienisch-mikrobiologische Wasseruntersuchungen, Gustav Fischer Verlag, Jena 1996.
 Schwoerbel, J., Einführung in die Limnologie, Gustav Fischer Verlag, 8. Auflage, Jena 1999.

VL Biologische Bedeutung von Schwebstoffen

Skript vorhanden, wird auf Stud.IP hochgeladen.

Weitere Literatur wird zu Beginn der VL bereitgestellt.

Links		
Languages of instruction	German, English	
Duration (semesters)	2 Semester	
Module frequency	jährlich	
Module capacity	unlimited	
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	Nach Ende der Vorlesungszeit	<p>1 benotete Prüfungsleistung</p> <p>mündliche Prüfung oder 1 Klausur mit folgenden Optionen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 100% der Fragen aus einer der beiden VL 2. 50% der Fragen aus je einer der beiden VL (2 Teilklausuren) <p>(Bestanden bei Erreichen von 50% der Notenpunkte insgesamt oder aus je einer der beiden Teilklausuren)</p>
Type of course	Lecture	
SWS	4	
Frequency	SuSe and WiSe	
Workload attendance time	56 h	

mar461 - Functional marine biodiversity

Module label	Functional marine biodiversity
Module code	mar461
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule• Master's Programme Marine Environmental Sciences (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Hillebrand, Helmut (module responsibility)• Flöder, Sabine (Module counselling)• Moorthi, Stefanie (Module counselling)• Striebel, Maren (Module counselling)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

Inhaltliche Kompetenz

Die Studierenden

- bekommen Einblick in das Ausmaß und die Konsequenzen des Wandels der Biodiversität
- machen sich mit den aktuellen Diskussionen in der Biodiversitätsforschung vertraut
- verstehen ökologische und gesellschaftliche Implikationen der Biodiversität

Methodenkompetenz

Die Studierenden

- verstehen den Hintergrund und den Ansatz von Meta-Analysen in der Ökologie
- können Daten für eine Meta-Analyse aufbereiten
- können die statistischen Analysen für Meta-Analysen in R durchführen und interpretieren
- können die Ergebnisse

Sozialkompetenz

Die Studierenden können

- aktiv an wissenschaftlichen Projekten teilnehmen und diese eigenständig durchführen
- ihre eigenen Ideen in einer wissenschaftlichen Kontext stellen

Module contents

VL Marine community ecology

Die Vorlesung vermittelt auf fortgeschrittenem Niveau die Konzepte der Gemeinschaftsökologie in marinen Ökosystemen. Populationsdynamik, intra- und interspezifische Wechselwirkungen sowie Betrachtungen von Lebensgemeinschaften stehen im Vordergrund der Veranstaltung, die mit direktem Bezug zur Primärliteratur aufwartet.

Blockveranstaltung:

SE Functional marine biodiversity

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

Recommended reading

Wird in den Veranstaltungen bekannt gegeben.

Links

Informationen werden in Stud.IP bereitgestellt.

Language of instruction	English
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	jährlich
Module capacity	16 (

Auswahl nach Anmeldedatum, Verfahren siehe Stud.IP

)

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	Nach dem Ende des Blockseminars	<p>1 benotete Prüfungsleistung</p> <p>Klausur oder mündliche Prüfung</p> <p>Aktive Teilnahme 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. Die Festlegung hierzu erfolgt durch den Lehrenden zu Beginn des Semesters bzw. zu Beginn der Veranstaltung.</p>

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	WiSe	28
Seminar		2	WiSe	28
Total module attendance time				56 h

phy616 - Computational Fluid Dynamics 1 / 2

Module label	Computational Fluid Dynamics 1 / 2	
Module code	phy616	
Credit points	6.0 KP	
Workload	180 h (Attendance: 56 hrs, Self study: 124 hrs)	
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none"> • Master's Programme Engineering Physics (Master) > European Wind Energy Master • Master's Programme Engineering Physics (Master) > Schwerpunkt: Renewable Energies • Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule • Sustainable Renewable Energy Technologies (Master) > Mastermodule 	
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none"> • Avila Canellas, Kerstin (authorised to take exams) • Peinke, Joachim (authorised to take exams) • Stoevesandt, Bernhard (authorised to take exams) 	
Prerequisites	Fluid Dynamics I	
Skills to be acquired in this module	Deeper understanding of the fundamental equations of fluid dynamics. Overview of numerical methods for the solution of the fundamental equations of fluid dynamics. Confrontation with complex problems in fluid dynamics. To become acquainted with different, widely used CFD models that are used to study complex problems in fluid dynamics. Ability to apply these CFD models to certain defined problems and to critically evaluate the results of numerical models.	
Module contents	<p>CFD I: The Navier-Stokes equations, filtering / averaging of Navier- Stokes equations, introduction to numerical methods, finite- differences, finite-volume methods, linear equation systems, NS-solvers, RANS, URANS, LES, DNS, turbulent flows, incompressible flows, compressible flows, efficiency and accuracy.</p> <p>CFD II: Introduction to different CFD models, such as OpenFOAM and PALM. Application of these CFD models to defined problems from rotor aerodynamics and the atmospheric boundary layer.</p>	
Recommended reading	<p>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: Fundamentals of Computational Fluid Dynamics, 2nd edition, Butterworth-Heinemann, Amsterdam; P. Sagaut, Large Eddy Simulation for Incompressible Flows, Springer, Berlin, 1998; J. Fröhlich, Large Eddy Simulationen turbulenter Strömungen, Teubner, Wiesbaden, 2006 (in German)</p>	
Links		
Language of instruction	English	
Duration (semesters)	1 Semester	
Module frequency	Sommersemester	
Module capacity	unlimited	
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	<ul style="list-style-type: none"> • 1 Klausur oder • 1 Referat oder • 1 mündliche Prüfung oder • 1 fachpraktische Übung 	
Type of course	Course selection Vorlesungen oder Praktikum oder Seminar	

SWS	4
Frequency	SuSe or WiSe
Workload attendance time	56 h

phy648 - Wind Resources and their Applications

Module label	Wind Resources and their Applications
Module code	phy648
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h (Attendance: 72 hrs, Self study: 108 hrs)
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none"> • Master's Programme Engineering Physics (Master) > Schwerpunkt: Renewable Energies • Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule • Sustainable Renewable Energy Technologies (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none"> • Kühn, Martin (module responsibility) • Avila Canellas, Kerstin (authorised to take exams) • Kühn, Martin (authorised to take exams) • Peinke, Joachim (authorised to take exams) • Petrovic, Vlaho (authorised to take exams) • Waldl, Hans-Peter (authorised to take exams) • Steinfeld, Gerald (authorised to take exams)
Prerequisites	Knowledge in Basics Wind Energy, Fluid Dynamics I, Matlab
Skills to be acquired in this module	<p>assess different aspects of wind energy farms by modelling, comparison, explanation of wind energy potential, wind energy farm's output, power curves, wind energy project development, assess in detail in uences of meteorological/ climatological aspects on the performance of wind power systems,</p> <p>summarize physical processes governing atmospheric wind flows,</p> <p>value atmospheric boundary layer flow relevant for wind power conversion, argue methods for wind resource assessment and forecasting</p>
Module contents	<p>Advanced Wind Energy Meteorology (Lecture -90 h workload)</p> <p>Atmospheric Boundary Layer (turbulence, vertical structure, special BL effects)</p> <p>Atmospheric Flow Modelling: Linear models, RANS and LES models</p> <p>Wind farm modelling</p> <p>Offshore-Specific Conditions</p> <p>Resource Assessment and Wind Power Forecasting</p> <p>Wind Measurements and Statistics</p> <p>Wind Energy Applications - from Wind Resource to Wind Farm Operations (Lecture - 90 h workload)</p> <p>Evaluation of Wind Resources</p> <p>Weibull Distribution</p> <p>Wind velocity measurements to determine energy yield</p> <p>Basics of Wind Atlas Analysis and Application Program (WAsP) Method, Partial models using WAsP</p> <p>Measure-Correlate-Predict (MCP) Method of long term corrections of wind measurement data in correlation to long term reference data</p> <p>Conditions for stable, neutral and instable atmospheric conditions</p> <p>Wind yield from wind distribution and the power curve Basics in appraising the yearly wind yield from a wind turbine.</p> <p>Wake Effect and Wind Farm</p> <p>Recovery of original wind fields in the downstream of wind turbines</p> <p>Basics of Riso Models</p> <p>Spacing and efficiency in wind farms</p> <p>Positive and Negative Effects of Wind Farms</p> <p>Wind Farm Business</p> <p>Income from the energy yield from wind farms</p> <p>Profit optimization by increase of energy production</p> <p>Wind farm project development</p> <p>Wind farm operation and Surveillance of power production vs. wind climate, power curves, and turbine availability</p>
Recommended reading	<p>Advanced Wind Energy Meteorology</p> <p>Holton, J.R. and G. J. Hakim, 2013: An Introduction to Dynamic Meteorology, 5th Edition, Academic Press, New York</p> <p>Stull, R.B., 1988: An Introduction to Boundary Layer Meteorology. Kluwer Academic Pub.</p> <p>Wind Energy Applications - from Wind Resource to Wind Farm Operations Burton, T., N. Jenkins, D. Sharpe and E. Bossanyi, 2011: Wind Energy Handbook, Second Edition, John Wiley.</p> <p>Gasch, R. and J. Twele, 2012: Wind Power Plants: Fundamentals, Design, Construction and Operation; Second Edition, Springer</p> <p>http://www.av8n.com/how/htm/airfoils.html, Last access: 4/2016</p>

<http://www.windpower.org/en/>, Last access: 4/2016

Links		
Language of instruction	English	
Duration (semesters)	1 Semester	
Module frequency	Sommersemester	
Module capacity	unlimited	
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module		1 Exam
Type of course	Lecture	
SWS	4	
Frequency	SuSe or WiSe	
Workload attendance time	56 h	

pre022 - Solar Energy

Module label	Solar Energy
Module code	pre022
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Engineering Physics (Master) > Schwerpunkt: Renewable Energies• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule• Master's Programme Sustainability Economics and Management (Master) > Supplementary Modules• Sustainable Renewable Energy Technologies (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Agert, Carsten (module responsibility)• Torio, Herena (module responsibility)• Gütay, Levent (authorised to take exams)• Knipper, Martin (authorised to take exams)• Torio, Herena (authorised to take exams)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

After successful completion of the module students should be able to:

- understand, describe and compare major technologies for solar energy use: solar thermal and photovoltaic systems
- analyse various system components and their interconnections within a solar energy system.
- critically appraise and assess various technologies for solar energy use and components involved in such solar systems.
- size and evaluate the performance of solar systems as a function of their operation conditions, components and system layout
- critically evaluate non-technical impact and side effects when implementing renewable energy supply systems

Module contents

This module gives an overview on renewable energy heat and photovoltaic technologies. Main focus hereby are the scientific principles of components and their technical description as well as first suitable system performance assessment methods.

Photovoltaics (Lecture: 90 h workload)

- Basic and most important properties of solar radiation related to photovoltaics
- PV cells basics: Fundamental physical processes in photovoltaic materials
- Characterization and basic modelling of solar cells
- Component Description: PV generator; Charge controller; Inverter; Balance of system components; System Description
- Grid Connected System
- Stand Alone System

Renewable Energy Heat (Seminar & Exercises: 90 h workload)

- Assessment of solar thermal ambient parameters: regional global,

- diffuse, reflected solar radiation on horizontal and on tilted plane, ambient temperature
- Solar thermal system components: collectors; heat exchangers; thermal storage; thermal driven compression chillers
- Solar cooling systems and components
- Characterization of solar thermal systems, their operation and performance
- F-Chart and Utilizability methods as main methods for assessing system performance

Recommended reading

Solar Energy PV

- 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
- Markvart, Tom and Castaner, Luis, 2003: Practical Handbook of Photovoltaics, Fundamentals and Applications, Elsevier Science
- Nelson, Jenny, 2003: The Physics of Solar Cells (Properties of Semiconductor Materials), Imperial College Press.
- Stuart R. Wenham, Martin A. Green, Muriel E. Watt & Richard Corkish (Edit.), 2007: Applied Photovoltaics, Earthscan Publications Ltd.;
- Twidell, John & Weir, Toni, 2005: Renewable Energy Resources Taylor & Francis.

Renewable Energy Heat

- DGS, (2010) Planning and installing solar thermal systems, a guide for installers, architects and engineers, 2nd ed.
- Duffie JA, Beckman WA (2013) Solar engineering of thermal processes: Wiley.
- Henning H-M. 2007. Solar assisted air conditioning of buildings - an overview. Applied Thermal Engineering 27(10):1734-1749; DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2006.07.021

Links

Languages of instruction	German, English		
Duration (semesters)	1 Semester		
Module frequency	Wintersemester		
Module capacity	unlimited		
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination	
Final exam of module	At the end of the lecture period; submission of the report at the end of the semester	2 Examinations: Written Exam (1.5h, weight 50%) and Presentation of a Paper (15 min presentation, 5 pages report, weight 50%)	

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
----------------	---------	-----	-----------	-----------------------------------

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	SuSe or WiSe	28
Exercises		2	SuSe or WiSe	28
Total module attendance time				56 h

pre200 - Selected Renewable Energy Technologies

Module label	Selected Renewable Energy Technologies
Module code	pre200
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Engineering Physics (Master) > Schwerpunkt: Renewable Energies• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule• Master's Programme Sustainability Economics and Management (Master) > Supplementary Modules• Sustainable Renewable Energy Technologies (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Günther, Andreas (module responsibility)• Torio, Herena (module responsibility)• Wark, Michael (module responsibility)• Torio, Herena (authorised to take exams)• Pehlken, Alexandra (authorised to take exams)• Wark, Michael (authorised to take exams)• Steinberger-Wilckens, Robert (authorised to take exams)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

The module intends to give an overview and deeper understanding of front-edge topics and technologies relevant for the energy transition.

Current main such topics are the rolling out of the hydrogen economy as well as circular economy and critical material use and ocean energy converters. In the context of the energy transition in the global south, small hydro turbines may play a relevant role and are also part of the module content. Main skills to be achieved in the module are:

- Understand and describe front-edge topics in the energy transition.
- Cross-sectoral topics, technologies and new research topics relevant for the energy transition.
- Understand the principles, chemical and energy conversion processes involved in hydrogen and fuel cell systems.
- Understand the role of hydrogen in the energy transformation and the main energy conversion processes in which it is involved.
- Critically evaluate and describe hydrogen storage systems (electrolyser, gas storage and fuel cells) as well as their uses, advantages, characteristics and pitfalls.
- Understand and describe principles governing ocean energy converters
- Understand and describe principles governing micro-hydro energy converters
- Understand and describe concepts for circular economy and recycling in the energy sector
- Understand methods for assessing critical materials, their definitions and importance for the energy transition

Module contents

Hydrogen and fuel cells (3 CP)

- Basics of hydrogen production (materials, processes, efficiencies, environmental impacts)
- Basics of fuel cells (function, materials, construction, systems applications)
- Basics of hydrogen storage systems (their setup, control, safety aspects)

Hidden Champions of RE (3 CP)

- Basic concepts for circular economy and recycling of materials in the energy sector
- Basic definitions and methods for appraising critical materials for the energy transition
- Ocean energy converters: principles and examples

- Micro hydro energy converters: their principles, characteristics and uses

Recommended reading

Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben

Links

Language of instruction	English	
Duration (semesters)	1 Semester	
Module frequency	Wintersemester	
Module capacity	unlimited	
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	At the end of the semester	Written exam (2x)
Type of course	Course selection	
SWS	4	
Frequency	SuSe or WiSe	
Workload attendance time	56 h	

phy641 - Energy Resources & Systems

Module label	Energy Resources & Systems
Module code	phy641
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h (Attendance: 56 hrs, Self-study: 124 hrs)
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Engineering Physics (Master) > Schwerpunkt: Renewable Energies• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule• Master's Programme European Master in Renewable Energy (EUREC) (Master) > Mastermodule• Master's Programme Sustainability Economics and Management (Master) > Supplementary Modules• Sustainable Renewable Energy Technologies (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Agert, Carsten (module responsibility)• Knipper, Martin (module responsibility)• Knipper, Martin (authorised to take exams)• Torio, Herena (authorised to take exams)• Schmidt, Thomas (authorised to take exams)• Steinfeld, Gerald (authorised to take exams)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	After successful completion of the module students should be able to: <ul style="list-style-type: none">• characterize the global energy system and analyze the structure and constraints of today's energy system,• explain the availability and connection between solar and wind energy,• identify the problems and challenges of energy supply due to fluctuating energy resources with varying and seasonal load profiles,• relate the solar irradiance conversion process as well as the atmospheric radiation balance of the earth to Wind Energy Meteorology.
Module contents	<p>This module will give an overview on the global energy system and the challenges of energy supply due to fluctuating energy resources with varying and seasonal load profiles.</p> <p>Energy Meteorology (Lecture - 90 h workload)</p> <p>Section I: Solar Irradiance</p> <ul style="list-style-type: none">• Radiation laws,• Solar geometry,• Interaction of solar irradiance with the atmosphere,• Radiation climatology,• Solar radiation model,• Statistical properties of solar irradiance,• Measuring devices to ascertain solar radiation balance,• Satellite-supported data acquisition to assess solar irradiance, <p>Section II: Wind Flow</p> <ul style="list-style-type: none">• Origin and potential of atmospheric energy movements, Heat balance of the atmosphere,• Physical laws of atmospheric flow,• Wind circulation in the atmosphere, local winds,• Wind flow in atmospheric layers (vertical structure, Ekman Layer),• Assessment of wind potential (European Wind Atlas: model, concept,• Wind Measurements, <p>Energy Systems (Lecture - 90 h workload)</p> <ul style="list-style-type: none">• Definitions, separation electrical - thermal energy use,• Resources and reserves,• Energy system analysis: Efficiencies at various levels of the energy chain; Exergy analysis,• Energy scenarios,

- Climate change,
- Advanced (power plant) technologies for conventional fuels,
- Electric power systems with large shares of renewables

Recommended reading

Energy Meteorology:

- IEA World Energy Outlook (<http://wordenergyoutlook.org/>)
- Iqbal, M. 1984: An Introduction to Solar Radiation, Academic Press, Toronto
- Liou, K.-N. 2002: An Introduction to Atmospheric Radiation, Academic Press: 2nd edition, Page 2 of 39
- Peixoto, J.P. and Oort A.H. 2007: Physics of Climate Book, Surge Publishing
- Rasmussen, B. 1988: Wind Energy, 2, Routledge: 1st edition
- Sathyajith, M. 2006: Wind energy: fundamentals, resource analysis and economics, Springer
- Stull, R.B. 1988: An Introduction to Boundary Layer Meteorology, Springer 1st edition

Energy Systems:

- Ramage, J.: Energy: A Guide Book (Oxford University Press, 1997)
- Boyle, G. et al. (Eds.): Energy Systems and Sustainability (Oxford University Press, 2003)
- Blok, K.: Introduction to Energy Analysis (Technische Universiteit Delft, 2007)
- Houghton, J.: Global Warming: The Complete Briefing, 5th Ed. (Cambridge University Press, 2015)
- UNDP (Ed.): World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability (2000/2004), <http://www.undp.org/energy/weapub2000.htm>
- GEA: Global Energy Assessment { Toward a Sustainable Future (Cambridge University Press and International Institute for Applied System Analysis, Laxenburg, 2012), www.iiasa.ac.at/web/home/research/Flagship-Projects/Global-Energy-Assessment/Chapters_Home.en.html - Goldemberg, J. et al.: Energy for a Sustainable World (Wiley Eastern, 1988)
- Nakicenovic, N., A. Grübler and A. McDonald (Eds.): Global Energy Perspectives (Cambridge University Press, Cambridge, 1998) - Khartchenko, N.V.: Advanced Energy Systems (Taylor and Francis, 1998)
- IEA (International Energy Agency): World Energy Statistics and Balances 2015 - BP: Statistical Review of World Energy 2016 (<http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics.html>)
- EIA: International Energy Outlook 2016 (www.eia.doe.gov/forecasts/ieo/)
- United Nations: 2013 Energy Statistics Yearbook (2016) (unstats.un.org/unsd/energy/yearbook/)

Links

Language of instruction	English	
Duration (semesters)	1 Semester	
Module frequency	Winter semester	
Module capacity	unlimited	
Type of module	Pflicht / Mandatory	
Module level	MM (Mastermodul / Master module)	
Teaching/Learning method	Lectures, Exercises	
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	At the end of the lecture period	2 Written Exams (max 90 min each)
Type of course	Lecture	
SWS	4	
Frequency	SuSe or WiSe	
Workload attendance time	56 h	

phy647 - Future Power Supply Systems

Module label	Future Power Supply Systems
Module code	phy647
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h (Attendance: 56 hrs, Self study: 124 hrs)
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none"> • Master's Programme Engineering Physics (Master) > Schwerpunkt: Renewable Energies • Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule • Sustainable Renewable Energy Technologies (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none"> • Agert, Carsten (module responsibility) • Agert, Carsten (authorised to take exams)
Prerequisites	Knowledge from module RE technology I, Mathematics
Skills to be acquired in this module	<p>After successful completion of the module students should be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> • explain the management, power balancing and the provision of ancillary services within future electricity grid configurations with high shares of fluctuating and distributed generation • perform power system simulation with related software tools • describe different grid-designs, including mini- and microgrids • compare different markets for electricity (Futures' Market, Day-Ahead-Market, Intraday-Market, Balancing Power Market, Self-Consumption) and assess the suitability of these concepts for promoting the implementation of higher shares of fluctuating distributed power generation within the electricity grid. • explain the technical principles and resulting limiting factors of concepts and components required for power control within "Smart City", "Smart Grid", and "Smart Home" concepts.
Module contents	<p>Future Power Supply Systems:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Technology and characteristics of conventional power plants based e. g. on coal, gas, and nuclear, • Fundamentals, structure, technologies and operation of (AC-) electricity grids (incl. balancing power, voltage management, etc.), • Fluctuating distributed generation: Characteristics and solutions on the transmission and distribution grid levels, incl. storage, vehicle-to-grid-concepts, smart inverters, heat pumps / CHP, etc, • Interactions between technology and economics: The different electricity markets (Futures Market, Day-Ahead-Market, Intraday-Market, Balancing Power Market, Self-Consumption) and their links to the physical world, • "Smart City", "Smart Grid", "Smart Home", • Mini- and Micro-Grids, • Energy scenarios and modelling, • Chemical energy carriers in the energy system: power-to-gas (e.g. methane) and power-to-liquids (e.g. methanol)
Recommended reading	<p>Future Power Supply Systems: Buchholz, B.M., Styczynski Z. (2014). Smart Grids - Fundamentals and Technologies in Electricity Networks. Springer Ed., Khartchenko, N. et al. (2013). Advanced Energy Systems, Second Edition (Energy Technology). CRC Press Inc. Hemami, A. (2015). Electricity and Electronics for Renewable Energy Technology: An Introduction (Power Electronics and Applications) CRC Press, Schögl, R. (2013) Ed., Chemical Energy Storage, De Gruyter</p>
Links	
Language of instruction	English
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	Sommersemester
Module capacity	unlimited

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module		Report (presentation: 50 min, Term-paper: 5 pp.) or Exercises (8 Exercises). In addition, active participation is required. The criteria to fulfil the requirement of the active participation are announced at the beginning of the term.
Type of course	Lecture	
SWS	4	
Frequency	SuSe or WiSe	
Workload attendance time	56 h	

pre025 - Wind Energy and Storage

Module label	Wind Energy and Storage
Module code	pre025
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h (180 Hours)
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule• Master's Programme Sustainability Economics and Management (Master) > Supplementary Modules• Sustainable Renewable Energy Technologies (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Agert, Carsten (module responsibility)• Knipper, Martin (module responsibility)• Agert, Carsten (authorised to take exams)• Hölling, Michael (authorised to take exams)• Knipper, Martin (authorised to take exams)• Peinke, Joachim (authorised to take exams)• Steinberger-Wilckens, Robert (authorised to take exams)• Wark, Michael (authorised to take exams)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

After successful completion of the module students should be able to:

- Critically evaluate and describe basic characteristics and functioning of wind energy converters
- Understand the physical principal of wind energy conversion
- Understand wind turbine aerodynamics
- Critically evaluate and describe electrochemical storage systems with a focus on batteries as well as hydrogen storage systems (electrolyser, gas storage and fuel cells)

Module contents

Basics of Wind Energy:

- Wind characterization and anemometers
- Aerodynamic aspects of wind energy conversion
- Wind turbine performance
- Design of wind turbines
- Dimensional analysis and pi-theorem

Energy Storage:

- Fundamentals of electrochemistry and thermodynamics
- Energy and environmental balances
- Fundamental setup of most common battery types
- Fundamental chemical reactions in these batteries
- Operational characteristics of batteries (charging & discharging, weir

processes and service lives)

Recommended reading

- E. Hau: Wind Turbines - 2nd edition, Springer, Berlin 2005
- T. Burton et al.: Wind energy Handbook, John Wiley & Sons Ltd, 2001
- J. Twele und R. Gasch: Wind Power Plants, Springer, 2011
- Gold Peak Industries. Lithium Ion technical handbook. 2003; Available from:
https://web.archive.org/web/20071007175038/http://www.gpbatteries.com/html/pdf/Li-ion_handbook.pdf.
- Fürstenwerth, D. and L. Waldmann, Stromspeicher in der Energiewende. 2015, Agora Energiewende: Hannover, Germany. p. 22.
- Hoppecke, Installation, commissioning and operating instructions for vented stationary lead-acid batteries, Hoppecke, Editor. 2013, Hoppecke Batterien GmbH & Co. KG: Brilon, Germany.
- Fischer, W., Blei Fibel - Stationary Lead-Acid Batteries, An Introductory Handbook. 1996, Hoppecke, Germany: Hoppecke. 130p..

Links

Language of instruction	English
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	Annual, Winter Semester, first semester in SuRE and EMRE
Module capacity	unlimited
Examination	Prüfungszeiten
Final exam of module	Type of examination
	End of Module's Block
	Written Exams (wind energy & energy storage)

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	SuSe or WiSe	28
Exercises		2	SuSe or WiSe	28
Total module attendance time				56 h

pre152 - Resilient Energy Systems

Module label	Resilient Energy Systems
Module code	pre152
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule• Master's Programme Sustainability Economics and Management (Master) > Supplementary Modules• Sustainable Renewable Energy Technologies (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Agert, Carsten (module responsibility)• Torio, Herena (module responsibility)• Agert, Carsten (authorised to take exams)• Torio, Herena (authorised to take exams)• Lehnhoff, Sebastian (authorised to take exams)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

After successful completion of the module students should be able to:

- analyze, and critically understand different definitions of resilience and fundamental concepts relevant in the context of energy systems analysis (e.g. complexity, homeostasis, equilibria, stressors,...)
- understand and interlink assessment methods, principles and theories for resilience analysis of energy supply systems in different scientific disciplines
- critically evaluate the suitability, meaningfulness and implications of different resilience-related indicators, theories and assessment methods from several disciplines
- develop a scientific discourse on suitable approaches for assessing particular aspects of resilient energy system design in the context of a particular real-life case study
- identify main barriers, potentials and driving factors for improving one selected assessment approach in the context of its application to a case study
- perform a literature review, apply a selected resilience and extract the main related conclusions, arguing critically on them
- present scientific results and conclusions both verbally and in written form, including quotation to a professional standard

Module contents

The module "Resilient energy systems" provides the theoretical background for understanding main concepts and interdisciplinary scientific methods from the context of resilience assessment as well as their role in the debate towards resilient energy systems.

Resilient Energy Systems (Lecture & Seminar, 180 h workload):

- Definitions and fundamental concepts in resilience analysis of energy systems (complexity, homeostasis, equilibria, feedback loops,...)
- Approaches and methods for resilience assessment from different relevant disciplines:
 - epistemic approaches
 - resilience as guiding principle
 - aggregation methods for resilience assessment

- cyber-security and informatics
- environmental modelling
- risk and vulnerability analysis
- agent-based models
- governance studies

Recommended reading

Jesse et al. 2019. Adapting the theory of resilience to energy

systems: a review and outlook. *Energy, Sustainability and Society* (2019) 9:27 <https://doi.org/10.1186/s13705-019-0210-7>

Hölling C.S., 2001. Understanding the Complexity of Economic, Ecological and Social Systems. *Ecosystems*, 4, (2001), pp. 390-405.

Gössling-Reisemann, S. Resilience – Preparing Energy Systems for the Unexpected. In: Florin, Marie-Valentine / Linkov, Igor (Eds.), 2016, IRGC Resource Guide on Resilience, Lausanne EPFL International Risk Governance Center (IRGC), p. 73-80

Roegge P.E. et al. 2014. Metrics for energy resilience. *Energy Policy*, 72, (2014), pp. 249–256. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2014.04.012>

Links

Language of instruction	English			
Duration (semesters)	1 Semester			
Module frequency	Wintersemester			
Module capacity	unlimited			
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination		
Final exam of module	At the end of the semester	Presentation of a Paper (presentation - 20 minutes and written report ca. 10 pages) or Term Paper (ca. 15 pages)		
Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	WiSe	28
Seminar		2	WiSe	28
Exercises		2	WiSe	0
Total module attendance time				56 h

wir924 - Ecological Economics

Module label	Ecological Economics	
Module code	wir924	
Credit points	6.0 KP	
Workload	180 h	
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none"> • Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule • Master's Programme Sustainability Economics and Management (Master) > Supplementary Modules • Master's Programme Water and Coastal Management (Master) > Socioeconomics 	
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none"> • Sievers-Glotzbach, Stefanie (module responsibility) • Siebenhüner, Bernd (module responsibility) • Lehrenden, Die im Modul (Module counselling) • Lehrenden, Die im Modul (authorised to take exams) 	
Prerequisites	None	
Skills to be acquired in this module	<p>The students:</p> <ul style="list-style-type: none"> -get an overview of the current state of research in Ecological Economics -know and understand core concepts and policy implications of Ecological Economics -deepen their knowledge on one specific topic from the field of Ecological Economics -improve skills in reading, interpreting and presenting academic journal papers 	
Module contents	<p>Ecological Economics is concerned with integrating the study and management of "nature's household" (ecology) and "humankind's household" (economics). This integration is central to many of humanity's current problems and to governing economic activity in a way that promotes human well-being, sustainability, and justice.</p> <p>The aim of this module is to introduce students to core concepts and policy implications from the field of Ecological Economics. The module consists of two seminars.</p> <p>-Lecture/seminar "Ecological Economics": This lecture/seminar is structured into three parts. First, students are being introduced to the topic by two lectures on the specific vision and paradigms of Ecological Economics as distinguished from environmental & resource economics and on the history of Ecological Economics. Second, the students work out and discuss the core analytical concepts (such as entropy, ecosystem services, social-ecological resilience, substitutability of natural capital) as well as the core normative concepts (including distributive justice, human behavior) in Ecological Economics. Third, the students discuss and reflect certain policy implications following from Ecological Economics – specifically the measurement of welfare, economics of degrowth, governance of resources as commons, and social-ecological transformation. The basis for discussion will be classical and current scientific papers.</p> <p>-Specialization seminar: Depending on current research foci and research projects of the Working Group of Ecological Economics, an additional seminar will give a deeper understanding of a specific research area in Ecological Economics (e.g., Social-Ecological Resilience, (De)Growth Concepts (Green Growth, Postgrowth, Degrowth), Commons).</p>	
Recommended reading	<p>Costanza, R. (2001). Visions, Values, Valuation, and the Need for an Ecological Economics. <i>BioScience</i>, 51(6), 459-468.</p> <p>Daly, H. E. (2005). Economics in a full world. <i>Scientific American</i>, 293(3), 100-107.</p> <p>Røpke, I. (2004). The early history of modern ecological economics. <i>Ecological Economics</i> 50: 293-314.</p> <p>Røpke, I. (2005). Trends in the development of ecological economics from the late 1980s to the early 2000s. <i>Ecological Economics</i> 55: 262-290.</p>	
Links		
Language of instruction	English	
Duration (semesters)	1 Semester	
Module frequency	Yearly in the summer term	
Module capacity	unlimited	
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module		1 Hausarbeit oder

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination		
		1 Referat oder 1 Klausur oder 1 mündliche Prüfung oder 1 Portfolio oder 1 Projektbericht		
Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	SuSe or WiSe	28
Seminar		2	SuSe or WiSe	28
Total module attendance time				56 h

wir890 - Climate Economics

Module label	Climate Economics			
Module code	wir890			
Credit points	6.0 KP			
Workload	180 h			
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none"> • Master Applied Economics and Data Science (Master) > Economics • Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule • Master's Programme Sustainability Economics and Management (Master) > Supplementary Modules 			
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none"> • Böhringer, Christoph (module responsibility) • Lehrenden, Die im Modul (authorised to take exams) • Riesenbeck, Lukas (Module counselling) 			
Prerequisites				
Skills to be acquired in this module	<p>This course aims at giving students an understanding of reasons, objectives and economic instruments for climate policy. Students first get acquainted with the natural science of the climate where anthropogenic greenhouse gas emissions constitute the source of man-made climate change. The latter is then explained from an economic perspective as a global environmental externality calling for environmental regulation to avoid substantial market failures. Game theoretic analysis of international negotiations and agreements provides key insights about the fundamental problems of free-riding and efficient climate policy design. Beyond theoretical propositions, 15 the lecture will critically discuss past and contemporary climate policies such as the Kyoto Protocol, the Paris Agreement, or the EU Emissions Trading System</p>			
Module contents	<p>atural science of climate change; environmental externalities and market failures; environmental regulation (emission taxes, standards, tradable permits, etc.); international environmental agreements; critical appraisal of climate policy implementation.</p>			
Recommended reading	<p>Roger Perman, Yue Ma, Michael Common, David Maddison and James McGilvray. Natural Resource and Environmental Economics. Addison Wesley. 2011 (4th edition).</p> <p>Daniel J. Phaneuf and Till Requate. A Course in Environmental Economics: Theory, Policy, and Practice. Cambridge University Press, 2016.</p>			
Links				
Language of instruction	English			
Duration (semesters)	1 Semester			
Module frequency	Annual			
Module capacity	30			
Previous knowledge	Microeconomics			
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination		
Final exam of module	At the end of the lecture period	Written exam (max. 120min)		
Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	SuSe or WiSe	28
Seminar		2	SuSe or WiSe	28
Total module attendance time				56 h

wir889 - Applied Environmental Economics

Module label	Applied Environmental Economics	
Module code	wir889	
Credit points	6.0 KP	
Workload	180 h	
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none"> • Master Applied Economics and Data Science (Master) > Economics • Master's Programme Business Administration, Economics and Law (Master) > Schwerpunktmodule NM-VWL • Master's programme Business Administration: Management and Law (Master) > Schwerpunktmodule NM-VWL • Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule • Master's Programme Sustainability Economics and Management (Master) > Accentuation Modules 	
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none"> • Lehrenden, Die im Modul (authorised to take exams) • Huse, Cristian (module responsibility) • Huse, Cristian (Module counselling) 	
Prerequisites		
Skills to be acquired in this module	<p>Be able to conceptually understand and apply key empirical tools used by any economist (and other professionals) in Environmental, Energy, and Transport Economics.</p> <p>Be able to perform and critically evaluate an empirical analysis.</p>	
Module contents	Econometric methods (discrete choice); Welfare analysis; Valuation; Types of data; Cost-benefit analysis.	
Recommended reading	<p>Phaneuf, D.J., and T. Requate. <i>A Course in Environmental Economics: Theory, Policy, and Practice</i>. Cambridge University Press, 2016.</p> <p>Cameron, A. C., and P. Trivedi (2005). <i>Microeconometrics: Methods and Applications</i>. Cambridge: Cambridge University Press.</p>	
Links		
Language of instruction	English	
Duration (semesters)	1 Semester	
Module frequency		
Module capacity	60	
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	At the end of the lecture period	Portfolio
Type of course	Lecture	
SWS	4	
Frequency	SuSe or WiSe	
Workload attendance time	56 h	

wir901 - Environmental Economics

Module label	Environmental Economics			
Module code	wir901			
Credit points	6.0 KP			
Workload	180 h (Lecture: 3 SWS (42h) Exercise: 1 SWS (14h))			
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none"> • Master Applied Economics and Data Science (Master) > Economics • Master's Programme Business Administration, Economics and Law (Master) > Schwerpunktmodule NM-VWL • Master's Programme Business Administration, Economics and Law (Master) > Schwerpunkt "Volkswirtschaftslehre" (VWL) (MPO2020) • Master's programme Business Administration: Management and Law (Master) > Schwerpunktmodule NM-VWL • Master's Programme Computing Science (Master) > Module aus anderen Studiengängen • Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule • Master's Programme Sustainability Economics and Management (Master) > Basic Modules 			
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none"> • Helm, Carsten (Module counselling) • Lehrenden, Die im Modul (Module counselling) • Lehrenden, Die im Modul (authorised to take exams) • Helm, Carsten (module responsibility) 			
Prerequisites	Keine			
Skills to be acquired in this module	Know and be able to apply fundamental concepts and figures of thought in environmental economics; be able to analyse and evaluate environmental problems and solution approaches; practice scientific methods and the ability to discuss; be able to classify environmental economics in the context of interdisciplinary sustainability research.			
Module contents	Economic analysis of environmental impacts (property rights, external effects, market failure); ethical aspects of environmental economics, instruments of environmental policy (tradable permits, taxes, subsidies, liability law); innovation and adaptation of new technologies; international environmental problems.			
Recommended reading	<p>Daniel J. Phaneuf and Till Requate. <i>A Course in Environmental Economics: Theory, Policy, and Practice</i>. Cambridge University Press, 2016.</p> <p>Roger Perman, Yue Ma, Michael Common, David Maddison and James McGilvray. <i>Natural Resource and Environmental Economics</i>. Addison Wesley. 2011 (4th edition).</p>			
Links				
Language of instruction	English			
Duration (semesters)	1 Semester			
Module frequency	Annually			
Module capacity	unlimited			
Type of module	Pflicht o. Wahlpflicht / compulsory or optional			
Teaching/Learning method	Lecture and exercise			
Examination	Prüfungszeiten		Type of examination	
Final exam of module	At the end of the lecture period		Written exam; bonus through solution of exercises	
Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2		28
Exercises		2		28
Total module attendance time				56 h

mar375 - Models in Population Dynamics

Module label	Models in Population Dynamics
Module code	mar375
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule• Master's Programme Marine Environmental Sciences (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Freund, Jan (module responsibility)• Feudel, Ulrike (Module counselling)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

VL/Ü Modelle in der Populationsdynamik

Die Studierenden sind in der Lage die Wachstumsdynamiken realer Populationen über trophische Ebenen hinweg mit angepassten Modellvarianten (z.B. ODEs, Abbildungen, Matrixmodellen) zu beschreiben und können aus Modellen strukturelle Erkenntnisse zu Langzeitverhalten, Stabilität/Resilienz, Multistabilität, Regimewechsel/Tipping Points, etc. ableiten. Darüber hinaus können sie Simulationen generieren, welche Realisierungen komplexer Populationsdynamiken darstellen.

Module contents

VL Modelle in der Populationsdynamik

Modellierung von Wachstumsprozessen, Räuber-Beute-Beziehungen, Konkurrenz, Analyse der zeitlichen Dynamik der Populationen, alters- und stadienstrukturierte Modelle (Matrixmodelle), Populationen mit räumlicher Migration (Metapopulationsmodelle), adaptive Modelle

Ü Modelle in der Populationsdynamik

Vertiefung der Inhalte der zugehörigen VL sowie praktische Übungen

Recommended reading

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

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

H. Caswell: Matrix Population Models. Sinauer;

L. Edelstein-Keshet: Mathematical Models in Biology. Birkhäuser;

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

Weitere Literatur wird in den Veranstaltungen bekannt gegeben

Links

Languages of instruction	German, English
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	jährlich
Module capacity	unlimited

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
-------------	----------------	---------------------

Final exam of module

Klausur am Ende der Veranstaltungszeit oder fachpraktische Übungen oder mündliche Prüfung

1 benotete Prüfungsleistung

Examination	Prüfungszeiten nach Maßgabe der Dozentin oder des Dozenten	Type of examination Klausur oder fachpraktische Übung oder mündliche Prüfung
-------------	---	---

Aktive Teilnahme

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. Die Festlegung hierzu erfolgt durch den Lehrenden zu Beginn des Semesters bzw. zu Beginn der Veranstaltung.

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	WiSe	28
Exercises		2	WiSe	28
Total module attendance time				56 h

mar374 - Nonlinear Dynamics in the Earth System

Module label	Nonlinear Dynamics in the Earth System
Module code	mar374
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule• Master's Programme Marine Environmental Sciences (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Feudel, Ulrike (module responsibility)• Kruglov, Viacheslav (Module counselling)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

Die Vorlesungen behandeln die grundlegenden mathematischen Methoden der nichtlinearen Dynamik, beginnend mit der Klassifizierung nichtlinearer dynamischer Systeme und dem Konzept des Zustandsraums. Verschiedene langfristige Verhaltensweisen wie stationäre Punkte, Grenzzyklen, quasi-periodische Bewegungen und chaotische Attraktoren werden vorgestellt, einschließlich ihrer numerischen Berechnung, ihrer dynamischen Eigenschaften auf der Grundlage von Lyapunov-Exponenten und ihrer Identifizierung in Zeitreihen aus Beobachtungsdaten und Modellsimulationen. Die lokale und globale Stabilität wird im Rahmen der Bifurkationstheorie diskutiert. Die im Hinblick auf ihr Auftreten in Erdsystemmodellen wichtigsten lokalen und globalen Bifurkationen werden erläutert und mit Beispielen aus der Physik und Ökologie illustriert.

Darüber hinaus werden drei verschiedene spezifische methodische Konzepte behandelt, die für die Analyse von Erdsystemmodellen relevant sind: Multistabilität, Synchronisation und die Identifikation von mesoskaligen Strukturen in hydrodynamischen Strömungen. Multistabilität wird als die Koexistenz mehrerer stabiler Zustände bei gegebenen Umweltparametern und Triebkräften eingeführt und basierend auf dem Konzept der Einzugsgebiete von Attraktoren und der langen transienten Dynamik analysiert. Synchronisation erklärt das Zusammenspiel zwischen verschiedenen Systemen entweder in einem Drive-Response-Kontext wie z.B. Populationswachstum, das durch den saisonalen Zyklus angetrieben wird, oder im Kontext der gegenseitigen Kopplung zwischen Systemen, wie die atmosphärische Kopplung zwischen verschiedenen Kompartimenten des Klimasystems, z.B. Hydrosphäre und Biosphäre. Bedingungen für das Entstehen und den Verlust von Synchronisation werden für sowohl unidirektionale als auch gegenseitige Kopplung abgeleitet. Der letzte Teil der Vorlesungen stellt die mathematischen Grundlagen der Identifikation von mesoskaligen Wirbeln in Ozeanströmungen auf der Basis von finite-time oder finite-size Lyapunov-Exponenten vor.

Fachkompetenzen

Die Studierenden:

- kennen und verstehen den grundlegenden Unterschied zwischen konservativen und dissipativen Systemen sowie den Unterschied zwischen zeitkontinuierlicher und zeit-diskreter Modellbeschreibung
- verstehen die grundlegenden dynamischen Prozesse, die durch Nichtlinearitäten in Modellsystemen hervorgerufen werden
- kennen wichtige Charakteristika zur Identifikation von stationären Punkten, periodischen, quasi-periodischen und chaotischen Dynamiken in Modellsimulationen
- verfügen über ein grundlegendes Verständnis der Dynamik nichtlinearer Modellsysteme unter dem Einfluss der Veränderung von Umweltbedingungen oder internen Parametern
- verfügen über ein grundlegendes Verständnis von Multistabilität und Synchronisation in Umweltsystemen sowie von mesoskaligen Wirbeln in Ozeanströmungen

Methodenkompetenzen

Die Studierenden:

- kennen und verstehen Methoden zur numerischen Bestimmung des Langzeitverhaltens dynamischer Systeme und können deren Stabilität gegenüber Störungen berechnen
- können das Softwaresystem MATLAB in grundlegenden Zügen bedienen und auf die Bearbeitung wissenschaftlicher Fragestellungen im Rahmen einiger Vorlesungsthemen anwenden
- verfügen über einführende Kenntnisse, um analytisch und numerisch einfache Umweltsystemmodelle im Hinblick auf die Veränderung von Umweltbedingungen zu analysieren

Sozialkompetenzen

Die Studierenden:

- lösen die Probleme und Anwendungsaufgaben u.a. in Kleingruppen
- präsentieren ihre Lösungen der Probleme öffentlich im Rahmen der Übungen

Selbstkompetenzen

Die Studierenden:

- reflektieren ihre Lösungen u.a. während der Präsentation und im öffentlichen Diskussionsprozess
- lernen fachliche Hürden und persönliche Unzulänglichkeiten auszuhalten und durch eigene Anstrengungen zu überwinden

Module contents

VL Nichtlineare Dynamik im Erdsystem

Einführung in die Nichtlineare Dynamik: Langzeitdynamik (Gleichgewichte, Periodizität und Chaos) und Stabilität, Charakteristika der Dynamik (Autokorrelation, Lyapunov-Exponenten, Dimensionen), Instabilitäten und dynamische Übergänge, zeitliche und räumliche Strukturbildung, kohärente Strukturen in Strömungen, gekoppelte Systeme, Synchronisation, Kontrolle nichtlinearer Systeme, Anwendungen auf Probleme aus dem Erdsystem; Spezielle Probleme der Nichtlinearen Dynamik

Ü Nichtlineare Dynamik im Erdsystem

Vertiefung der Inhalte der zugehörigen VL sowie praktische Übungen

Recommended reading

J. Argyris, G. Faust, M. Haase, R. Friedrich: Die Erforschung des Chaos, Springer 2017.

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

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

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

Weitere Literatur wird in den Veranstaltungen bekannt gegeben

Links

Languages of instruction	German, English
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	jährlich
Module capacity	unlimited

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
-------------	----------------	---------------------

Final exam of module

Klausur am Ende der Veranstaltungszeit oder **1 benotete Prüfungsleistung**

Examination

Prüfungszeiten

fachpraktische Übungen oder mündliche Prüfung
nach Maßgabe der Dozentin oder des Dozenten

Type of examination

Klausur oder fachpraktische Übung oder mündliche
Prüfung

Aktive Teilnahme

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. Die Festlegung hierzu erfolgt durch den
Lehrenden zu Beginn des Semesters bzw. zu
Beginn der Veranstaltung.

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	SuSe	28
Exercises		2	SuSe	28
Total module attendance time				56 h

mar369 - Critical States in the Earth System: Tipping Points and Resilience

Module label	Critical States in the Earth System: Tipping Points and Resilience
Module code	mar369
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none"> • Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule • Master's Programme Marine Environmental Sciences (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none"> • Feudel, Ulrike (module responsibility)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

VL/SE Kritische Zustände im System Erde

Die Studierenden besitzen Grundkenntnisse über den Einfluss des Klimawandels auf Umweltsysteme. Sie können den Einfluss von Umweltveränderungen im Kontext von Modellen unterschiedlicher Komplexität in den Klimawissenschaften sowie in der Ökosystemdynamik einschätzen und kennen die Methodik der Analyse und der Vorhersage von Kippunkten. Darüber hinaus besitzen sie Kenntnisse über Maße der Resilienz, die sie auf einfache Umweltsysteme anwenden können.

Die Studenten besitzen die Fähigkeit komplexe, theoretische Vorgehensweisen in der modernen Meeres- und Klimaforschung nachzuvollziehen und durch Selbststudium der aktuellen Literatur auch neue oder verschiedene Ansätze in der Theorie zu begreifen und einzuordnen.

Die Studierenden besitzen die Fähigkeit, aktuelle Publikationen der Fachliteratur auszuwerten, Umweltsystemmodelle zu verschiedensten Fragestellungen zu analysieren und die Resultate der Untersuchungen mit Umweltsystemmodellen auf spezielle Fragestellungen anzuwenden.

Module contents

VL/SE Kritische Zustände im System Erde

Kippunkte: Tipping points im Klimasystem und Regime shifts in Ökosystemen, kritische Verlangsamung vor Kippunkten als Indikator zur Früherkennung von Tipping points und Regime shifts; Klassifikation von Tipping punkten, Systeme mit unterschiedlichen Zeitskalen, Tipping in räumlichen Systemen, rausch-induzierte Übergänge; rateninduziertes Kippen; Resilienzkonzepte

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, Abschmelzen der Arktis)

Recommended reading

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

Links

Languages of instruction	German, English	
Duration (semesters)	1 Semester	
Module frequency	jährlich	
Module capacity	unlimited	
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination

Final exam of module

Termin wird zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.

1 benotete Prüfungsleistung

Präsentation

Examination

Prüfungszeiten

Type of examination

Aktive Teilnahme

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. Die Festlegung hierzu erfolgt durch den Lehrenden zu Beginn des Semesters bzw. zu Beginn der Veranstaltung.

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	SuSe	28
Seminar		2	SuSe	28
Total module attendance time				56 h

mar367 - Ocean Models

Module label	Ocean Models
Module code	mar367
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule• Master's Programme Marine Environmental Sciences (Master) > Mastermodule• Master's Programme Marine Sensors (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Lettmann, Karsten (module responsibility)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

Die Studierenden lernen die wichtigsten Komponenten eines Ozeanmodells und deren theoretische Grundlagen kennen. Sie lernen numerische Grundlagen der verschiedenen Diskretisierungen und deren Stabilität bzw. Fehler kennen. Sie kennen den Ablauf eines prognostischen Modells und können es für einfache Situationen einsetzen. Darüber hinaus werden einfache konzeptionelle Modelle vorgestellt zur Flachwasser-Wellenausbreitung, zur windgetriebenen Ozeanzirkulation sowie zur vertikalen Wärmeverteilung in der Wassersäule. Die Arbeit mit einem ‚state-of-the-art‘ Ozeanmodell wird am Beispiel des ROMS-Modellsystems eingeübt. Im Rahmen der praktischen Übung, die in einer Hausarbeit dargelegt wird, wird das oben genannte Modellsystem zur Simulation der hydrodynamischen Bedingungen (Strömungen, Wasserstand, Wassertemperatur und Salzgehalt) in einem selbstgewählten Gebiet des Weltozeans angewendet. Im Rahmen dieser Gruppenarbeit werden die Studierenden sowohl zur Teamfähigkeit als auch zum Umgang mit wissenschaftlicher Primärliteratur angeleitet.

Fachkompetenzen

Die Studierenden:

- kennen und verstehen die grundlegenden partiellen Differentialgleichungen und mathematischen Ansätze, die den wichtigsten Teilkomponenten eines Ozeanmodells zu Grunde liegen

- kennen die nötigen Schritte, um ein lauffähiges Modellsystem für ein bestimmtes Gebiet des Weltozeans zu erstellen zur Simulation der hydrodynamischen Gegebenheiten (Strömungen, Wasserstand, Wassertemperatur und Salzgehalt)

- können die grundlegenden Gleichungen und mathematischen Ansätze der betrachteten Anwendungen mit verschiedenen numerischen Ansätzen lösen und in MATLAB implementieren

- können Remote-Rechner mit passenden Werkzeugen bedienen, was als Vorbereitung auf die Arbeit mit Höchstleistungscomputern in entfernten Rechenzentren gesehen werden kann

Methodenkompetenzen

Die Studierenden:

- können einführende Methoden der numerischen Mathematik anwenden, um die grundlegenden mathematischen Gleichungen und Ansätze in Computercode (hier MATLAB) zu implementieren

- können ein ‚state-of-the-art‘ Ozeanmodell (z.B. ROMS) auf einführendem Niveau bedienen

- kennen einführende UNIX/Linux Grundlagen, um sich auf Remote-Systemen ausreichend sicher zu bewegen und Simulationen auf diesen zu starten und zu überwachen.

- kennen erste Werkzeuge und Methoden, um die Ausgabedateien der Ozeanmodelle im Netcdf-Format zu lesen und der weiteren Auswertung zuzuführen

Sozialkompetenzen

Die Studierenden:

- lösen die Probleme und Anwendungsaufgaben u.a. in Kleingruppen
- präsentieren ihre Lösungen der Probleme öffentlich im Rahmen der Übungen

Selbstkompetenzen

Die Studierenden:

- reflektieren ihre Lösungen u.a. während der Präsentation und im öffentlichen Diskussionsprozess
- lernen fachliche Hürden und persönliche Unzulänglichkeiten auszuhalten und durch eigene Anstrengungen zu überwinden

Module contents

VL/Ü Ozeanmodelle

Die Studierenden lernen die wichtigsten Komponenten eines Ozeanmodells und deren theoretische Grundlagen kennen. Sie lernen numerische Grundlagen der verschiedenen Diskretisierungen und deren Stabilität bzw. Fehler kennen. Sie kennen den Ablauf eines prognostischen Modells und können es für einfache Situationen einsetzen.

VL Ozeanmodelle

Einführung in die Theorie und Bedienung komplexerer Ozeanmodelle, Vermittlung mathematischer und physikalischer Grundlagen zum Verständnis der modellierten Prozesse und deren Implementierung in die Modelle, Einführung in die hydrodynamischen

Gleichungen, Übersicht über horizontale und vertikale Tubulenzparametrisierungen, Bedeutung von Randbedingungen und atmosphärischen Antriebsdaten, Einübung der theoretischen Kenntnisse mit Hilfe des Ozeanmodells ROMS (Regional Ocean Modeling System).

Ü Ozeanmodelle

Vertiefung der Inhalte der zugehörigen VL sowie praktische Übungen.

Recommended reading

D.B. Haidvogel, A. Beckmann, Numerical Ocean Circulation Modeling, 1999, Imperial College Press

J. Kämpf, Advanced Ocean Modelling, Using Open-Source Software, 2010, Springer

Links

Language of instruction	German
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	jährlich
Module capacity	unlimited

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
-------------	----------------	---------------------

Final exam of module

Termin wird zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.

1 benotete Prüfungsleistung

M.Sc. Marine Umweltwissenschaften: Hausarbeit oder Klausur oder mündliche Prüfung

M.Sc. Umweltmodellierung: Hausarbeit oder mündliche Prüfung

Aktive Teilnahme

Aktive Teilnahme umfasst z.B. die regelmäßige Abgabe von Übungen, Anfertigung von Lösungen zu Übungsaufgaben, die Protokollierung der jeweils

Examination

Prüfungszeiten

Type of examination

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. Die Festlegung hierzu erfolgt durch den Lehrenden zu Beginn des Semesters bzw. zu Beginn der Veranstaltung.

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	SuSe	28
Exercises		2	SuSe	28
Total module attendance time				56 h

mar368 - Climate Models

Module label	Climate Models
Module code	mar368
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule• Master's Programme Marine Environmental Sciences (Master) > Mastermodule• Master's Programme Sustainability Economics and Management (Master) > Supplementary Modules
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Lettmann, Karsten (module responsibility)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

Im Rahmen dieser Veranstaltung werden grundlegende naturwissenschaftlich-mathematische sowie technische Fachkenntnisse im Rahmen der Klimamodellierung erworben. Dies beinhaltet u.a. verschiedene numerische Verfahren zur Lösung der für Klimamodelle wichtigen Transport-Reaktionsgleichung. Weiterhin werden an einfachen Energie-Bilanzmodellen (wie z.B. Daisy World) diese numerische Methoden, sowie das Algorithmieren und Programmieren mit MATLAB eingeübt. Am Beispiel eines Klimamodells mittlerer Komplexität (EMIC) werden die Grundlagen und verschiedenen Ansätze zur Ausgestaltung der Teilmodule eines Klimamodells behandelt (z.B. Eismodelle, Atmosphärenmodelle, Vegetationsmodelle, Strahlungsmodelle, Ozeanmodelle, Bodenmodelle etc.) Es werden weiterhin einige technische und statistische Aspekte im Arbeiten mit und Auswerten von Klimamodellen vorgestellt. Im Rahmen eines Abschlussprojektes, das das oben genannte EMIC verwendet, werden die Studierenden sowohl zur Teamfähigkeit als auch zum Umgang mit wissenschaftlicher Primärliteratur angeleitet. Im Rahmen der Abschlusspräsentation lernen die Studenten das Darstellen und das Diskutieren ihrer Ergebnisse.

Fachkompetenzen

Die Studierenden:

- kennen und verstehen die grundlegenden partiellen Differentialgleichungen und mathematischen Ansätze, die den wichtigsten Teilmodulen eines Klimamodells zu Grunde liegen
- erwerben ein Grundverständnis über die Teilsysteme des Klimasystems, deren Interaktion sowie deren Modellierung
- können die Transport-Reaktionsgleichung mit verschiedenen numerischen Ansätzen lösen und in MATLAB implementieren
- können Remote-Rechner mit passenden Werkzeugen bedienen, was als Vorbereitung auf die Arbeit mit Höchstleistungscomputern in entfernten Rechenzentren gesehen werden kann
- kennen grundlegende statistische Ansätze, um die Ausgabe von Klimamodellen zu bewerten und einzuordnen

Methodenkompetenzen

Die Studierenden:

- können einführende Methoden der numerischen Mathematik anwenden, um die grundlegenden mathematischen Gleichungen und Ansätze in Computercode (hier MATLAB) zu implementieren
- kennen einführende UNIX/Linux Grundlagen, um sich auf Remote-Systemen ausreichend sicher zu bewegen und Simulationen auf diesen zu starten und zu überwachen.
- kennen erste Werkzeuge und Methoden, um die Ausgabendateien der Klimamodelle im Netcdf-Format zu lesen und der weiteren Auswertung zuzuführen

Sozialkompetenzen

Die Studierenden:

- lösen die Probleme und Anwendungsaufgaben u.a. in Kleingruppen
- präsentieren ihre Lösungen der Probleme öffentlich im Rahmen der Übungen

Selbstkompetenzen

Die Studierenden:

- reflektieren ihre Lösungen u.a. während der Präsentation und im öffentlichen Diskussionsprozess
- lernen fachliche Hürden und persönliche Unzulänglichkeiten auszuhalten und durch eigene Anstrengungen zu überwinden

Module contents

VL Klimamodelle:

Einführung in die Theorie und Bedienung komplexerer Klimamodelle, Vermittlung mathematischer und physikalischer Grundlagen zum Verständnis der modellierten Prozesse und deren Implementierung in die Modelle, Einführung in statistische Bewertungsmaße von Klimamodellen, Programmierung einfacher Energie-Bilanz-Modelle, Umgang mit Klimamodellen mittlerer Komplexität (z.B. Planetsimulator), Simulation und Auswertung zukünftiger Treibhausgasemissions-szenarien.

Ü Klimamodelle:

Vertiefung der Inhalte der zugehörigen VL sowie praktische Übungen

Recommended reading

K.E. Trenberth, Climate System Modelling, 1993, Cambridge University Press
J. Marshall, R. A. Plumb, Atmosphere, Ocean, and Climate Dynamics: An Introductory Text, 2007, Academic Press
K. McGuffie, A. Henderson-Sellers, The Climate Modelling Primer, 2014, John Wiley & Sons

Links

Language of instruction	German
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	jährlich
Module capacity	unlimited

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
-------------	----------------	---------------------

Final exam of module

Klausur / mündliche Prüfung am Ende der Veranstaltungszeit, nach Bekanntgabe durch die Dozenten.

1 benotete Prüfungsleistung

Klausur oder mündliche Prüfung

Aktive Teilnahme

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. Die Festlegung hierzu erfolgt durch den Lehrenden zu Beginn des Semesters bzw. zu Beginn der Veranstaltung.

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Exercises		2	SuSe	28

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	SuSe	28
Total module attendance time				56 h

mar753 - Networks and Complexity

Module label	Networks and Complexity
Module code	mar753
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Gross, Thilo (module responsibility)• Sältzer, Marius (Module counselling)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

Die Studierenden sind in der Lage die vermittelten Ansätze für komplexe Systeme selbständig in der Modellierung und Datenanalyse anzuwenden. Ihre Kenntnisse der Grundlagen dieser Verfahren erlaubt ihnen sie auf neue Probleme anzupassen und zu erweitern. Die Studierenden haben einen Überblick über die Phänomene, die in komplexen verknüpften Systemen auftreten. Ihr Verständnis erlaubt es ihnen die Robustheit, und Instabilitäten eines gegebenen Systems zu durchschauen.

Module contents

Dieses Modul erläutert an konkreten Beispielen verschiedene netzwerkbasierete Verfahren zur Analyse komplexer Systeme. Wir starten dabei von jeweils konkreten Problemen aus Wissenschaft und Gesellschaft und entwickeln dann die zur Lösung notwendige Theorie, bis wir das Problem (für einfache Beispiele) mit Papier und Bleistift lösen können.

Dabei werden zum einen hands-on Methoden vermittelt, die direkt auf eine Vielzahl von Problemen angewandt werden können. Zum andern wird ein tiefgreifendes Verständnis von Netzwerken und Komplexität aufgebaut.

Die einzelnen Themen sind in vier große Themenblöcke organisiert:

Netzwerkalgorithmen – Problemlösungsansätze aus der Informatik mit denen Netzwerkeigenschaften schnell bestimmt werden können: Kürzeste Pfade, optimale Wege, etc. (Programmierkenntnisse sind hierfür nicht erforderlich).

Netzwerkphysik – Ansätze zur Analyse großer zum Teil unbekannter Systeme aus der Physik: Statistische Modelle von Netzwerken, Phasenübergänge und kritische Zustände. Statische Netzwerkeigenschaften. Robustheit gegen Angriffe und Fehlertoleranz von Netzwerken.

Dynamik komplexer Systeme – Ansätze aus der Theorie dynamische Systeme: kritische Übergänge. Verfahren zur Vereinfachung und Modellreduktion.

Spektrale Theorie der Netzwerke – Untersuchung von Netzwerken mit Methoden der Algebra: Selbstorganisation und Musterbildung, Einführung in hochleistungsverfahren der Datenanalyse, Verbindungen zu Informationstheorie und statistische Physik.

Recommended reading

A.L. Barabasi and M. Posfai: Network Science

S.N. Dorogovtsev: Lectures on Complex Networks

E. Estrada and P. Knight: A first course in Network Theory

V. Latora, V. Nicosia and G. Russo: Complex Networks: Principles, Methods, and Applications

C. Moore and S. Mertens: The Nature of Computation

M. Newman: Networks

S. Strogatz: Nonlinear Dynamics and Chaos

Links

Language of instruction	English
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	jährlich
Module capacity	unlimited

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	Portfolio oder fachpraktische Übung oder mündliche Prüfung nach Maßgabe der Dozentin oder des Dozenten	<u>1 benotete Prüfungsleistung</u> Portfolio oder fachpraktische Übung oder mündliche Prüfung

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	SuSe	28
Seminar		2	SuSe	28
Total module attendance time				56 h

mar754 - Modelling of Complex Systems

Module label	Modelling of Complex Systems	
Module code	mar754	
Credit points	6.0 KP	
Workload	180 h	
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none"> • Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule 	
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none"> • Feudel, Ulrike (module responsibility) • Freund, Jan (Module counselling) 	
Prerequisites		
Skills to be acquired in this module	<p>Die Studierenden besitzen Grundkenntnisse in modernen Methoden der Prozess- und Systemorientierten Modellierung. Sie können Umweltsysteme mit Hilfe dieser Methoden analysieren. Sie können neue methodische Zugänge aus Originalpublikationen erfassen, verstehen und präsentieren.</p>	
Module contents	<p>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, Netzwerke, Spieltheorie</p>	
Recommended reading	Aktuelle Publikationen aus Fachzeitschriften, die in der Veranstaltung bekannt gegeben werden.	
Links		
Languages of instruction	German, English	
Duration (semesters)	2 Semester	
Module frequency	halbjährlich	
Module capacity	unlimited	
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	Präsentation oder Hausarbeit oder Seminararbeit nach Maßgabe der Dozentin oder des Dozenten	KL
Type of course	Lecture, seminar or exercise	
SWS	4	
Frequency	SuSe or WiSe	
Workload attendance time	56 h	

mar755 - Fluid Dynamics

Module label	Fluid Dynamics
Module code	mar755
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none"> • Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none"> • Peinke, Joachim (module responsibility) • Avila Canellas, Kerstin (Module counselling)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

Die Studierenden besitzen die Fähigkeit komplexe, theoretische Vorgehensweisen in der modernen Meeres- und Klimaforschung nachzuvollziehen und durch Selbststudium der aktuellen Literatur auch neue oder verschiedene Ansätze in der Theorie zu begreifen und einzuordnen.

Die Studenten besitzen die Fähigkeit, aktuelle Publikationen der Fachliteratur auszuwerten Umweltsystemmodelle zu verschiedensten Fragestellungen zu analysieren und die Resultate der Untersuchungen mit Umweltsystemmodellen auf spezielle Fragestellungen anzuwenden.

Module contents

Fluiddynamik I (VL+Ü):

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

Recommended reading

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

Links

Language of instruction	English
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	jährlich
Module capacity	unlimited
Reference text	Unterrichtssprache: English. German on demand, if no international students participate

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module		KL
	Klausur am Ende der Veranstaltungszeit oder fachpraktische Übungen oder mündliche Prüfung oder Hausarbeit oder Referat nach Maßgabe der Dozentin oder des Dozenten	

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		4	SuSe or WiSe	56
Exercises			SuSe or WiSe	0

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Total module attendance time				56 h

mar757 - Fluid Dynamics II

Module label	Fluid Dynamics II
Module code	mar757
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none"> • Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none"> • Peinke, Joachim (module responsibility)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

Die Studierenden besitzen die Fähigkeit komplexe, theoretische Vorgehensweisen in der modernen Meeres- und Klimaforschung nachzuvollziehen und durch Selbststudium der aktuellen Literatur auch neue oder verschiedene Ansätze in der Theorie zu begreifen und einzuordnen.

Die Studenten besitzen die Fähigkeit, aktuelle Publikationen der Fachliteratur auszuwerten Umweltsystemmodelle zu verschiedensten Fragestellungen zu analysieren und die Resultate der Untersuchungen mit Umweltsystemmodellen auf spezielle Fragestellungen anzuwenden.

Module contents

Fluiddynamik II (VL+Ü):

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

Recommended reading

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

Links

Languages of instruction	German, English
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	jährlich
Module capacity	unlimited

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	Klausur am Ende der Veranstaltungszeit oder fachpraktische Übungen oder mündliche Prüfung oder Hausarbeit oder Referat nach Maßgabe der Dozentin oder des Dozenten	KL

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	SuSe or WiSe	28
Exercises		2	SuSe or WiSe	28
Total module attendance time				56 h

mar756 - Hydrogeological Modelling

Module label	Hydrogeological Modelling
Module code	mar756
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none"> • Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none"> • Greskowiak, Janek (module responsibility)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

Hydrochemische Modellierung von Wasser-Gesteinswechselwirkungen mit PHREEQC

Die hydrochemische Modellierung von Wassergesteinswechselwirkungen mit dem Simulationsprogramm PHREEQC vertieft das quantitative Verständnis der chemischen Prozesse die den Porenwasserchemismus in natürlichen Systemen beeinflussen (z.B., in Grundwasserleitern, oder See- und Ozeansedimenten). In dieser Lehrveranstaltung werden Techniken der thermodynamischen Gleichgewichtsmodellierung und der kinetischen Reaktionsmodellierung erlernt. Behandelt werden dabei unter anderem Mineralausfällungs- und Minerallösungsreaktionen, Redox-Reaktionen, Kationenaustauschreaktionen und mikrobiell katalysierter Abbau von gelösten organischen Substanzen, unter Einbeziehung des advektiven und diffusiven Stofftransports.

Angewandte Modellierung von Strömung- und Stofftransport im Grundwasser

Ziele der Veranstaltung sind die Vermittlung von Kenntnissen zur quantitativen Hydrogeologie (Hydraulik und Advektion-Dispersion) und der Erwerb der Fähigkeit einfache Grundwasserströmungs- und Transportmodelle aufzubauen. Es werden dabei Einführungsbeispiele zur Kontaminationsausbreitung in Aquiferen durchgenommen, als auch die Simulation eines Analog-Experiments durchgeführt. Modellaufbau, Parametrisierung und numerisches Lösen der Grundwasserströmungs- und Advektions-Dispensionsgleichungen wird in dieser Veranstaltung mit der frei verfügbaren und von Gutachter-Büros oft benutzten Software PMWIN8 (<http://www.simcore.com>) realisiert.

Module contents

Durchführung eines Kastenexperiments. Numerische Modellierung von Grundwasserströmung und Stofftransport mit PMWIN (<http://www.simcore.com>): Modellaufbau, Parameterisierung und numerisches Lösen der Grundwasserströmungs- und Advektions-Dispensionsgleichungen.

Modellierung hydrogeochemischer Prozesse (u.a. Speziationsreaktionen und Mineralreaktionen, Pyritoxidation, Oxidation organischer Substanz, Redox-Reaktionen, Ionenaustausch, Gleichgewichtsreaktionen und Reaktionskinetik) mit der Software PHREEQC (http://wwwbrr.cr.usgs.gov/projects/GWC_coupled/phreeqc/)

Recommended reading	Wird in den Veranstaltungen bekannt gegeben	
Links	https://www.usgs.gov/software/phreeqc-version-3/	
Language of instruction	German	
Duration (semesters)	1 Semester	
Module frequency	jährlich	
Module capacity	unlimited	
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	Klausur am Ende der Veranstaltungszeit oder fachpraktische Übungen oder mündliche Prüfung oder Portfolio oder Hausarbeit nach Maßgabe der Dozentin oder des Dozenten	KL

Type of course Lecture and exercise

SWS 4

Frequency SuSe or WiSe

Workload attendance time 56 h

mar376 - Statistical Ecology

Module label	Statistical Ecology
Module code	mar376
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule• Master's Programme Marine Environmental Sciences (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Freund, Jan (module responsibility)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

VL/Ü Statistische Ökologie

Die Studierenden sind mit Grundlagen der Stochastik und relevanten Verteilungen der statistischen Ökologie vertraut. Sie kennen den Zusammenhang zwischen Stichproben aus Experiment- bzw. Felddaten und interessierenden Merkmalen des Ökosystems. Sie verstehen den Einsatz von Schätzern, ihre Voraussetzungen sowie die Quantifizierung und Handhabung von Schätzfehlern. Sie sind damit in der Lage auf der Basis realer Daten belastbare Aussagen über den Zustand und die Entwicklung von Ökosystemen abzuleiten.

Module contents

VL Statistische Ökologie

Schätzung von Populationsanteilen, Capture-Recapture Experimente, Transekt- und Abstandsverfahren, Erfassung von Lebensgemeinschaften, Diversitätsindizes, Vergleich von Lebensgemeinschaften

Ü Statistische Ökologie

Vertiefung der Inhalte der zugehörigen VL sowie praktische Übungen

Recommended reading

- D. Pfeifer, H.-P. Bäumler & U. Schleier: Grundzüge der statistischen Ökologie. CvO Univ., Inst. für Math. Stochastik;
- E.C. Pielou: Mathematical ecology. Wiley;
- D Borcard, F Gillet & P Legendre: Numerical ecology with R, Springer;
- M. Begon, J.L. Harper & C.R. Townsend: Ökologie: Individuen, Populationen und Lebensgemeinschaften. Birkhäuser;
- L.J. Young & J.H. Young: Statistical ecology: a population perspective. Kluwer Academic Publ.;
- C.J. Krebs: Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance. Benjamin Cummings u.a.;
- O. Richter & D. Söndgerath: Parameter estimation in ecology: the link between data and models. VCH.

Links

Languages of instruction	German, English	
Duration (semesters)	1 Semester	
Module frequency	jährlich	
Module capacity	unlimited	
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module		

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
	Klausur am Ende der Veranstaltungszeit oder fachpraktische Übungen oder mündliche Prüfung oder Portfolio nach Maßgabe der Dozentin oder des Dozenten	<p>1 benotete Prüfungsleistung</p> <p>M.Sc. Marine Umweltwissenschaften: Klausur oder fachpraktische Übungen oder mündliche Prüfung</p> <p>M.Sc. Umweltmodellierung: Klausur oder fachpraktische Übung (testierte Übungsaufgaben) oder mündliche Prüfung oder Portfolio</p> <p>Aktive Teilnahme</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. Die Festlegung hierzu erfolgt durch den Lehrenden zu Beginn des Semesters bzw. zu Beginn der Veranstaltung.</p>

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	WiSe	28
Exercises		2	WiSe	28
Total module attendance time				56 h

mar364 - Time Series Analysis

Module label	Time Series Analysis
Module code	mar364
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none"> • Master's Programme Engineering of Socio-Technical Systems (Master) > Embedded Brain Computer Interaction • Master's Programme Engineering of Socio-Technical Systems (Master) > Human-Computer Interaction • Master's Programme Engineering of Socio-Technical Systems (Master) > Systems Engineering • Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule • Master's Programme Marine Environmental Sciences (Master) > Mastermodule • Master's Programme Marine Sensors (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none"> • Freund, Jan (module responsibility)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

Die Studierenden besitzen die Fähigkeit Zeitreihen zu visualisieren und mit Standardmethoden der Zeitreihenanalyse zu analysieren. Sie können Zeitreihen als im Messprozeß verrauschte Realisierungen unterliegender stochastischer Prozesse auffassen und sind in der Lage, Schätzer mit ihren wesentlichen Merkmalen (Verzerrung, Konsistenz und Effizienz, Verteilung) sicher zu handhaben und die Resultate zuverlässig zu interpretieren. Sie können reale Zeitreihen im Kontext wissenschaftlicher Qualitätsanforderungen bewerten, transformieren/bereinigen/modifizieren und analysieren bzw. für anschließende Analysen aufbereiten.

Module contents

Charakteristika eines stochastischen Prozesses und deren Schätzer, Komponentenmodell, Trendbereinigung, spektrale Methoden, Filterung, lineare Prozesse, und nichtlineare Prozesse, Einbettungsverfahren, Kenngrößen der nichtlinearen Zeitreihenanalyse, symbolische Dynamik

Recommended reading

R.H. Shumway & D.S. Stoffer: Time series analysis and its applications: with R examples. Springer
 R. Schlittgen: Angewandte Zeitreihenanalyse mit R. Oldenbourg;
 R. Schlittgen & B. Streitberg: Zeitreihenanalyse. Oldenbourg.;
 PJ Brockwell & RA Davis: Time series : theory and methods, Springer;
 H. Kantz & T. Schreiber: Nonlinear time series analysis. Cambridge Univ. Press.

Links

Languages of instruction	German, English
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	jährlich
Module capacity	unlimited

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	Klausur am Ende der Veranstaltungszeit oder fachpraktische Übungen oder mündliche Prüfung oder Portfolio nach Maßgabe der Dozentin oder des Dozenten	<p>1 benotete Prüfungsleistung</p> <p>M.Sc. Marine Umweltwissenschaften: Klausur oder fachpraktische Übung oder mündliche Prüfung</p> <p>M.Sc. Umweltmodellierung: Klausur oder fachpraktische Übung (testierte Übungsaufgaben) oder mündliche Prüfung oder Portfolio</p>

Examination

Prüfungszeiten

Type of examination

Aktive Teilnahme

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. Die Festlegung hierzu erfolgt durch den Lehrenden zu Beginn des Semesters bzw. zu Beginn der Veranstaltung.

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	SuSe	28
Exercises		2	SuSe	28
Total module attendance time				56 h

mar365 - Stochastical Processes

Module label	Stochastical Processes
Module code	mar365
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule• Master's Programme Marine Environmental Sciences (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Freund, Jan (module responsibility)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

VL/Ü Stochastische Prozesse und ihre Anwendungen in der Modellierung

Die Studierenden verstehen das Konzept eines stochastischen Prozesses und beherrschen die Standarddeskriptoren in Zeit- und Frequenzbereich. Sie vertiefen/erwerben dabei elementare Kenntnisse der Stochastik. Sie kennen und beherrschen verschiedene Formulierungen stochastischer Prozesse (stochastische Automaten und Abbildungen, Sprungprozesse und stetige Zufallsbewegungen) sowie deren beispielhaften Einsatz in der Beschreibung von Naturphänomenen. Sie sind in der Lage problembezogen ein stochastisches Prozessmodell zu entwerfen, numerisch zu simulieren und mit geeigneten Methoden auszuwerten.

Module contents

VL Stochastische Prozesse und ihre Anwendungen in der Modellierung

Elementare Konzepte der Wahrscheinlichkeitsrechnung, Charakterisierung stochastischer Prozesse in Zeit- und Frequenzbereich, Wiener-Khinchin Theorem, Farbe des Rauschens, Markov-Prozess, Chapman-Kolmogorov Glg., Master-, Fokker-Planck- und Langevin- Gleichung mit additivem und multiplikativem Rauschen, Randbedingungen und asymptotische Lösungen, Anwendungen: Zufallsbewegung, neuronale Dynamik, stochastische Populationsdynamik

Ü Stochastische Prozesse und ihre Anwendungen in der Modellierung

Vertiefung der Inhalte der zugehörigen VL sowie praktische Übungen

Recommended reading

C.W. Gardiner: Handbook of stochastic methods: for physics, chemistry and the natural sciences. Springer;

N.G. van Kampen: Stochastic processes in physics and chemistry. Elsevier;

J. Honerkamp & K. Lindenberg: Stochastic dynamical systems: concepts, numerical methods, data analysis. Wiley-VCH;

H. Risken: The Fokker-Planck equation: methods of solution and applications. Springer;

L. Schimansky-Geier: Stochastic dynamics. Springer;

V.S. Anishchenko, V. Astakhov, A. Neiman, L. Schimansky-Geier & T. Vadivasova: Nonlinear dynamics of chaotic and stochastic systems: tutorial and modern developments. Springer.

Links

Languages of instruction	German, English
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	jährlich
Module capacity	unlimited

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	Klausur am Ende der Veranstaltungszeit oder fachpraktische Übungen oder mündliche Prüfung oder Portfolio nach Maßgabe der Dozentin oder des Dozenten	<p>1 benotete Prüfungsleistung</p> <p>M.Sc. Marine Umweltwissenschaften: Klausur oder mündliche Prüfung oder fachpraktische Übungen</p> <p>M.Sc. Umweltmodellierung: Klausur oder mündliche Prüfung oder fachpraktische Übung (testierte Übungsaufgaben) oder Portfolio</p> <p>Aktive Teilnahme</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. Die Festlegung hierzu erfolgt durch den Lehrenden zu Beginn des Semesters bzw. zu Beginn der Veranstaltung.</p>

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	SuSe	28
Exercises		2	SuSe	28
Total module attendance time				56 h

wir808 - Multivariate Statistics

Module label	Multivariate Statistics			
Module code	wir808			
Credit points	6.0 KP			
Workload	180 h			
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none"> • Master's Programme Business Administration, Economics and Law (Master) > Basismodule • Master's Programme Business Administration, Economics and Law (Master) > Mantelmodule (MPO2020) • Master's Programme Business Administration, Economics and Law (Master) > Schwerpunkt "Volkswirtschaftslehre" (VWL) (MPO2020) • Master's programme Business Administration: Management and Law (Master) > Basismodule • Master's Programme Business Informatics (Master) > Module der Wirtschafts- und Rechtswissenschaften (Master) • Master's Programme Computing Science (Master) > Module aus anderen Studiengängen • Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule • Master's Programme Sustainability Economics and Management (Master) > Basic Modules 			
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none"> • Stecking, Ralf Werner (module responsibility) • Lehrenden, Die im Modul (authorised to take exams) 			
Prerequisites				
Skills to be acquired in this module	<p>With successful completion of the course, students shall:</p> <ul style="list-style-type: none"> • be aware of and be able to evaluate advanced methods of multivariate data analysis. • be able to select adequate methods in relevant fields of application, like prediction, classification, and segmentation analysis. • be able to run computer-aided analyses and to interpret the results properly. 			
Module contents	<p>Various methods of quantitative data analysis such as:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Linear Regression, • Logistic Regression, • Linear Discriminant Analysis, • Principal Component Analysis, • Feature selection and evaluation methods. 			
Recommended reading	<p>Backhaus, Erichson, Plinke, Weiber (2015): Multivariate Analysemethoden, 14. Aufl., Springer, Berlin Litz, H.P. (2000): Multivariate Statistische Methoden, Oldenbourg, München Hartung, J. und Elpelt, B. (2006): Multivariate Statistik, 7. Aufl., Oldenbourg, München Berthold, M. und Hand, D.J. (2010): Intelligent Data Analysis, 2. Aufl., Springer, Berlin Witten, I.H. und Frank, E. (2011): Data Mining, 3. Aufl., Morgan Kaufmann, San Francisco</p>			
Links				
Language of instruction	German			
Duration (semesters)	1 Semester			
Module frequency	jährlich			
Module capacity	unlimited			
Examination	Prüfungszeiten		Type of examination	
Final exam of module	at the end of the semester		written exam or oral exam	
Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2		28
Exercises		2		28

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Total module attendance time				56 h

mat843 - Elements of Multivariate Statistics

Module label	Elements of Multivariate Statistics			
Module code	mat843			
Credit points	6.0 KP			
Workload	180 h			
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none"> • Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule • Master's Programme Mathematics (Master) > Mastermodule 			
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none"> • May, Angelika (module responsibility) • Christiansen, Marcus (module responsibility) • Ruckdeschel, Peter (module responsibility) 			
Prerequisites				
Skills to be acquired in this module	<ul style="list-style-type: none"> • Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik • Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik • Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken • Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter • Beherrschen wichtiger Verfahren und Algorithmen • Die Studierenden beherrschen die multivariate Normalverteilung, lernen andere multivariate Verteilungen kennen und • können Hauptkomponenten- und Faktoranalyse auf Daten anwenden und interpretieren. • Querverbindungen: mat315, mat810 <p>mathematikspezifische Aspekte von Digitalisierung</p> <ul style="list-style-type: none"> • mathematiknahe Programmierung in R • Strategien für ein explizites Mitführen/Kontrollieren von Fehlern/Unsicherheit • Strategien zum Umgang mit Ausreißern / Datenrobustheit • stochastische Simulation 			
Module contents	als Obermenge zu verstehen; Akzentuierung durch Dozent möglich: - Wiederholung: Eigenwertzerlegung, Singulärwertzerlegung; - Operationen für Multivariate Daten: Selektion und Projektion - die multivariate Normalverteilung; Eigenschaften - Verteilungen: Wishart, Wilks Lambda, Hotelling T - klassische Modelle: Hauptkomponentenanalyse, Faktoranalyse, Diskriminanzanalyse, Clustering, Korrespondenzanalyse, Kanonische Korrelation, Multidimensional Scaling, Conjoint Analyse			
Recommended reading	Härdle, W., Simar, L.: Applied multivariate statistical analysis, Springer. Benzécri, JP, Bellier, L.: L'analyse des données, Dunod. Jolliffe, I.: Principal component analysis, Wiley. Mardia, KV, Kent, JT, Bibby, JM.: Multivariate analysis, Academic press.			
Links				
Languages of instruction	German, English			
Duration (semesters)	1 Semester			
Module frequency	unregelmäßig			
Module capacity	unlimited			
Reference text	Studienschwerpunkt: C			
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination		
Final exam of module	nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		3	--	42
Exercises		1	--	14

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Total module attendance time				56 h

mat837 - Extreme Value Statistics and Applications

Module label	Extreme Value Statistics and Applications	
Module code	mat837	
Credit points	6.0 KP	
Workload	180 h	
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none"> • Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule • Master's Programme Mathematics (Master) > Mastermodule 	
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none"> • Christiansen, Marcus (module responsibility) • May, Angelika (module responsibility) • Ruckdeschel, Peter (module responsibility) 	
Prerequisites		
Skills to be acquired in this module	<ul style="list-style-type: none"> • Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik • Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik • Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken • Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter • Beherrschen wichtiger Verfahren und Algorithmen • Fähigkeit zur Anwendung durch Implementierung konkreter Probleme und durch Beherrschung der gängigen Software • Die Studierenden lernen die Grenzwertsätze der Extremwertstatistik und die dazu gehörigen statistischen Verfahren kennen und können diese in realen Datensituationen anwenden. • Querverbindungen: mat315, mat826, mat843, mat805 (bzw. Versicherungsmathematik I im neuen System) <p>mathematikspezifische Aspekte von Digitalisierung</p> <ul style="list-style-type: none"> • mathematiknahe Programmierung in R • Strategien für ein explizites Mitführen/Kontrollieren von Fehlern/Unsicherheit • stochastische Simulation 	
Module contents	<p>als Obermenge zu verstehen; Akzentuierung durch Dozent möglich:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maxima: GEVD und Eigenschaften, Fisher-Tippet-Gnedenko-Thm / Attraktionsbereiche, BlockMaxima • Schwellüberschreitungen: GPD und Eigenschaften; Pickands-Balkema-deHaan Thm; Hill Schätzer • Punktprozesse: der Poissonprozess; Verbindung zur Exponentialvtlg; Relevanz in EVT • Diagnostik: Mean-Excess Plot, Return Level Plot, Extremal-Index 	
Recommended reading	<p>Coles, S., et al. An introduction to statistical modeling of extreme values, Springer.</p> <p>Embrechts, P., Klüppelberg, C., Mikosch, T. Modelling extremal events: for insurance and finance, Springer.</p> <p>McNeil, A.J., Frey, R., Embrechts, P. Quantitative risk management: concepts, techniques, and tools, Princeton university press.</p> <p>Reiss, R-D., Thomas, M. Statistical analysis of extreme values, Birkhäuser.</p>	
Links		
Languages of instruction	German, English	
Duration (semesters)	1 Semester	
Module frequency	unregelmäßig	
Module capacity	unlimited	
Reference text	Studienschwerpunkt: C	
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination

Examination		Prüfungszeiten	Type of examination		
Final exam of module		nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance	
Lecture		3	--	42	
Exercises		1	--	14	
Total module attendance time				56 h	

mat847 - Elements of Exploratory Data Analysis, Robust Statistics, and Diagnostics

Module label	Elements of Exploratory Data Analysis, Robust Statistics, and Diagnostics	
Module code	mat847	
Credit points	6.0 KP	
Workload	180 h	
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none"> • Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule • Master's Programme Mathematics (Master) > Mastermodule 	
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none"> • Christiansen, Marcus (module responsibility) • May, Angelika (module responsibility) • Ruckdeschel, Peter (module responsibility) 	
Prerequisites		
Skills to be acquired in this module	<ul style="list-style-type: none"> • Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik • Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter • Beherrschen wichtiger Verfahren und Algorithmen • Fähigkeit zur Anwendung durch Implementierung konkreter Probleme und durch Beherrschung der gängigen Software • Beherrschen der Analyse und Komplexität von Algorithmen • Erwerb direkt berufsbezogener inhaltlicher und prozessorientierter Kompetenzen • Die Studierenden lernen die zentralen Konzepte, Argumente und Verfahren der explorativen Datenanalyse und der robusten Statistik kennen und können diese in R anwenden. • Querverbindungen: mat315, mat330, mat350, mat525, mat530 <p>mathematikspezifische Aspekte von Digitalisierung</p> <ul style="list-style-type: none"> • mathematiknahe Programmierung in R • Strategien für ein explizites Mitführen/Kontrollieren von Fehlern/Unsicherheit • Strategien zum Umgang mit Ausreißern/Datenrobustheit • stochastische Simulation 	
Module contents	<p>als Obermenge zu verstehen; Akzentuierung durch Dozent möglich:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Konzepte der graphischen Datenanalyse • Konzepte der interaktiven Datenanalyse • Begriffe, Werkzeuge und Schlussweisen der robusten Statistik • Umgebungen, Influenzkurve, Maxbiaskurve, Gross Error Sensitivity • Bruchpunkt, Minimax-Ansätze, Robuste Optimalität • Beispiele robuster Verfahren für Lokation, Skala, Kovarianzen, Regression • auf robusten Verfahren basierende Diagnostik 	
Recommended reading	<p>Hampel, F.M., Ronchetti, E.M., Rousseeuw, P.J., Stahel, W.A.: Robust Statistics: the approach based on influence functions, Wiley. Huber, P.J.: Robust Statistics, Wiley. Rieder, H.: Robust Asymptotic Statistics, Springer. Rousseeuw, P.J., Leroy A.M.: Robust regression and outlier detection, Wiley. Tukey, J.W.: Exploratory Data Analysis 6.</p>	
Links		
Languages of instruction	German, English	
Duration (semesters)	1 Semester	
Module frequency	unregelmäßig	
Module capacity	unlimited	
Reference text	Studienschwerpunkt: C	
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	nach Ende der Vorlesungszeit	KL

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		3	--	42
Exercises		1	--	14
Total module attendance time				56 h

mat839 - Time Series Models resp. State Space Models

Module label	Time Series Models resp. State Space Models			
Module code	mat839			
Credit points	6.0 KP			
Workload	180 h			
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none"> • Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule • Master's Programme Mathematics (Master) > Mastermodule 			
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none"> • Christiansen, Marcus (module responsibility) • May, Angelika (module responsibility) • Ruckdeschel, Peter (module responsibility) 			
Prerequisites				
Skills to be acquired in this module	<ul style="list-style-type: none"> • Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik • Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter • Beherrschen wichtiger Verfahren und Algorithmen • Erwerb direkt berufsbezogener inhaltlicher und prozessorientierter Kompetenzen • Die Studierenden lernen Grundbegriffe der Zeitreihenanalyse kennen, kennen wichtige Modelle und können diese an Daten anpassen. • Querverbindungen: mat315, mat826 <p>mathematikspezifische Aspekte von Digitalisierung</p> <ul style="list-style-type: none"> • mathematiknahe Programmierung in R • Strategien für ein explizites Mitführen/Kontrollieren von Fehlern/Unsicherheit • stochastische Simulation 			
Module contents	<p>als Obermenge zu verstehen; Akzentuierung durch Dozent möglich:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Autokovarianz und partielle Autokovarianz – Stationarität und Ergodizität; • Sätze von Herglotz und Bochner; Spektralmaß eines stationären Prozesses; • ARIMA Modelle; Zustandsraummodelle; GARCH Modelle • Schätzung und Inferenz • Kalman Filter und Glätter; EM-Algorithmus 			
Recommended reading	<p>Durbin, J., Koopman, S.J.: Time series analysis by state space methods, Oxford University Press. Brockwell, P.J., Davis, R.A.: Time series: theory and methods, Springer. Brockwell, P.J., Davis, R.A.: Introduction to time series and forecasting. Hamilton, J.D.: Time series analysis, Princeton university press. Schlittgen, R., Streitberg, B.: Zeitreihenanalyse, Oldenbourg.</p>			
Links				
Languages of instruction	German, English			
Duration (semesters)	1 Semester			
Module frequency	unregelmäßig			
Module capacity	unlimited			
Reference text	Studienschwerpunkt: C			
Examination	Prüfungszeiten		Type of examination	
Final exam of module	nach Ende der Vorlesungszeit		KL	
Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		3	--	42
Exercises		1	--	14
Total module attendance time				56 h

mat849 - Statistical Algorithms

Module label	Statistical Algorithms			
Module code	mat849			
Credit points	6.0 KP			
Workload	180 h			
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none"> • Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule • Master's Programme Mathematics (Master) > Mastermodule 			
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none"> • Christiansen, Marcus (module responsibility) • May, Angelika (module responsibility) • Ruckdeschel, Peter (module responsibility) 			
Prerequisites				
Skills to be acquired in this module	<ul style="list-style-type: none"> • Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik • Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter • Beherrschen wichtiger Verfahren und Algorithmen • Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens sowohl durch breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik • Erwerb direkt berufsbezogener inhaltlicher und prozessorientierter Kompetenzen • Die Studierenden lernen wichtige Algorithmen und deren Implementation in Standard-Software kennen und können diese anwenden. • Querverbindungen: mat840, mat705, mat730, mat843 			
Module contents	<p>als Obermenge zu verstehen; Akzentuierung durch Dozent möglich:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prinzipien zur Zufallszahlenerzeugung • Monte-Carlo Techniken: antithetische/Kontrollvariante, Rejection Sampling, Multilevel • Projection Pursuite • MCMC, Gibbs Sampling • Simulated Annealing • verschiedene Varianten des Bootstrap/subsampling • Regressionsbäume/CART • MARS • Ensemble Methoden: Bagging, Boosting 			
Recommended reading	<p>Dietterich, T.G.: Ensemble methods in machine learning. Multiple classifier systems. Efron, B, Tibshirani, R.J.: An introduction to the bootstrap. Hall, P.: The bootstrap and Edgeworth expansion. Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J.: The elements of statistical learning. Ripley, B.D.: Stochastic Simulation.</p>			
Links				
Languages of instruction	German, English			
Duration (semesters)	1 Semester			
Module frequency	unregelmäßig			
Module capacity	unlimited			
Reference text	Studienschwerpunkt: C			
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination		
Final exam of module	nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		3	--	42
Exercises		1	--	14
Total module attendance time				56 h

mar768 - Statistical Analysis

Module label	Statistical Analysis
Module code	mar768
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none"> • Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none"> • Freund, Jan (module responsibility) • Feudel, Ulrike (Module counselling) • Greskowiak, Janek (Module counselling) • Peppler-Lisbach, Cord (Module counselling) • Ruckdeschel, Peter (Module counselling) • Wächter, Matthias (Module counselling)

Prerequisites

Skills to be acquired in this module

Die Studierenden besitzen vertiefte Kenntnisse in modernen Methoden der Statistischen Analyse von Umweltdaten. Sie können Umweltsysteme mit Hilfe dieser Methoden modellieren. Sie können neue methodische Zugänge aus Originalpublikationen erfassen, verstehen und präsentieren.

Module contents

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

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

Recommended reading

Fachliteratur wird in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

Links

Languages of instruction	German, English
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	jährlich
Module capacity	unlimited

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module		KL

Klausur am Ende der Veranstaltungszeit oder alle anderen möglichen Prüfungsleistungen nach Maßgabe der Dozentin oder des Dozenten

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	SuSe or WiSe	28
Seminar		1	SuSe or WiSe	14
Exercises		1	SuSe or WiSe	14
Total module attendance time				56 h

mar366 - Current topics in modelling and data analysis

Module label	Current topics in modelling and data analysis
Module code	mar366
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none"> • Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule • Master's Programme Marine Environmental Sciences (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none"> • Blasius, Bernd (module responsibility) • Ryabov, Alexey (Module counselling)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

VL and SE Machine learning in the environmental sciences

The students acquire the latest methods in the field of mathematical modeling and analysis of large datasets (Big Data) and their application areas. They are capable of implementing analyses using the Matlab language. They learn to engage with current literature and critically evaluate the latest methods regarding data security and usability in a scientific context.

Module contents

VL and SE Machine learning in the environmental sciences

In this course the students will learn to think as a data scientist and ask questions about the data. First, we will learn how to work with tables and extract statistics on groups of data. Then, we will go to the basic approaches of machine learning: supervised learning (classification and regression trees, neural networks), unsupervised learning (cluster analysis, factor analysis), reducing system dimensions (PCA, MDA ect.), statistical modelling (regression, generalized linear models), and optimization of model parameters (simulated annealing, differential evolution). Finally, we will focus on typical workflow of the data processing. We will use Matlab to implement the algorithms.

Recommended reading	Literatur wird in den Veranstaltungen bekannt gegeben.	
Links		
Languages of instruction	German, English	
Duration (semesters)	1 Semester	
Module frequency	jährlich	
Module capacity	unlimited	

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	Präsentation oder Hausarbeit am Ende der Veranstaltungszeit nach Maßgabe der Dozentin oder des Dozenten.	<p>1 benotete Prüfungsleistung.</p> <p>Präsentation oder Hausarbeit</p> <p>Aktive Teilnahme Aktive Teilnahme umfasst die Präsentation eines Themas in Form eines Seminarvortrags, wenn die Prüfungsleistung eine Hausarbeit ist, oder die schriftliche Ausarbeitung, wenn die Prüfungsleistung ein Seminarvortrag ist, sowie die Beteiligung an der Diskussion von Seminarbeiträgen.</p>

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	SuSe	28
Seminar		2	SuSe	28

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Total module attendance time				56 h

inf651 - Environmental Management Information Systems I

Module label	Environmental Management Information Systems I
Module code	inf651
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Business Administration, Economics and Law (Master) > Schwerpunktmodule NM - interdisziplinär• Master's programme Business Administration: Management and Law (Master) > Schwerpunktmodule NM - interdisziplinär• Master's Programme Business Informatics (Master) > Akzentsetzungsmodule Bereich Wirtschaftsinformatik• Master's Programme Business Informatics (Master) > Akzentsetzungsmodule der Informatik• Master's Programme Computing Science (Master) > Angewandte Informatik• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule• Master's Programme Sustainability Economics and Management (Master) > Supplementary Modules
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Marx Gómez, Jorge (module responsibility)• Bremer-Rapp, Barbara (module responsibility)• Solsbach, Andreas (module responsibility)• Lehrenden, Die im Modul (authorised to take exams)
Prerequisites	No participant requirement
Skills to be acquired in this module	<p>This module completes the knowledge and abilities gained in the field of Environmental Informatics and it creates a strong reference to up to date topics in the field of sustainability. The content taught in this module can directly be applied in an upcoming study and professional career.</p> <p>Professional competence The students:</p> <ul style="list-style-type: none">• are able to classify and explain the sustainability paradigm• are aware of the current status of sustainability reporting• are able to define and to model material flows• have obtained know-how in the field of corporate environmental management information systems (CEMIS) <p>Methodological competence The students:</p> <ul style="list-style-type: none">• implement CEMIS• apply different techniques and methods to case studies• develop new case studies in teams <p>Social competence The students:</p> <ul style="list-style-type: none">• are supposed to work in teams and therefore have to identify working packages and have to take on responsibility for the jobs assigned to them• present and discuss their own results with the team and the other members of the course <p>Self-competence The students:</p> <ul style="list-style-type: none">• learn about their own limitations and learn to accept criticism in order to strengthen their own abilities
Module contents	<p>This course teaches methods, approaches and techniques in the field of information processing in order to support solutions to problems that arise from companies' impact on the environment. In particular, ICT supported</p>

approaches of production-integrated environmental protection, environmental controlling and reporting are introduced and discussed. In order to enable the integration of such approaches into environmental protection, environmental management and its systems are taught as well.

The content in detail:

- environmental management as a basis for sustainability
- sustainability and material flow management
- strategic environmental management
- eco-controlling life cycle
- characteristics and system architectures of CEMIS
- standard software systems
- environmental accounting systems

Recommended reading

- Heck, P., Bemmann, 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.

Links

Language of instruction	German
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	annual
Module capacity	unlimited
Teaching/Learning method	V+Ü

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	At the end of the lecture period	exercises and written exam or exercises and oral exam
		The specific type of exam will be specified prior to the beginning of the course.

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	SuSe	28
Exercises		2	SuSe	28
Total module attendance time				56 h

inf659 - Environmental Management Information Systems II

Module label	Environmental Management Information Systems II
Module code	inf659
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Business Administration, Economics and Law (Master) > Schwerpunktmodule NM - interdisziplinär• Master's programme Business Administration: Management and Law (Master) > Schwerpunktmodule NM - interdisziplinär• Master's Programme Business Informatics (Master) > Akzentsetzungsmodule Bereich Wirtschaftsinformatik• Master's Programme Business Informatics (Master) > Akzentsetzungsmodule der Informatik• Master's Programme Computing Science (Master) > Angewandte Informatik• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule• Master's Programme Sustainability Economics and Management (Master) > Supplementary Modules
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Marx Gómez, Jorge (module responsibility)• Bremer-Rapp, Barbara (module responsibility)• Solsbach, Andreas (module responsibility)• Lehrenden, Die im Modul (authorised to take exams)

Prerequisites

recommended previous knowledge:

- The topics discussed in the modules inf651 Environmental Management Information Systems I as well as inf660 Sustainability Informatics, like material flow analysis, environmental management system, life cycle assessment, sustainability management.

Skills to be acquired in this module

This course aims at examining emerging research questions in the field of corporate environmental management information systems (CEMIS). After finishing this course, the students will have extensive knowledge regarding Business Environmental Informatics. In addition, they will be aware of recent research topics and challenges as well as relevant software solutions and practical projects.

Professional competence

The students:

- will obtain extensive knowledge in the field of CEMIS
- know emerging research questions and challenges as well as software solutions and projects

Methodological competence

The students:

- find their own solutions or apply already existing approaches to new and unsolved questions in the field of CEMIS
- capture required data, analyse it and present it to their team or the whole group

Social competence

The students:

- are supposed to work in teams and therefore have to identify working packages and have to take on responsibility for the jobs assigned to them
- present and discuss their own results with the team and the other members of the course

Self-competence

The students:

- learn about their own limitations and learn to accept criticism in order to strengthen their own abilities

Module contents

A strong social pressure forces enterprises to question their current way of implementing their business and to include different aspects of sustainability into their strategies and operational actions. Such a rethinking of one's business is supported by corporate environmental management information systems. Such systems aim at optimising the energy and resource usage, emission and waste minimisation as well as production integrated environmental protection. Of course they support the fulfillment of legal requirements such as waste management or hazardous material handling.

The module will cover:

- recent and emerging research questions and topics related to the field of CEMIS as well as Business Environmental Informatics.
- discussion and hands-on experience of standard software systems and newly established solutions.
- applying the knowledge obtained to the definition of new as well as on solving new case studies.

Recommended reading

- Marx Gómez, Jorge, Scholtz, Brenda (Hrsg.) (2016): Information Technology in Environmental Engineering. Springer International Publishing
- Marx Gomez, J., Sonnenschein, M., Vogel, U., Winter, A., Rapp, B., Giesen, N. (Hrsg.) (2016): Advances and New Trends in Environmental and Energy Informatics. Springer International Publishing
- Marx Gómez, J., Teuteberg, F. (Hrsg.) (2010): Corporate Environmental Management Information Systems – State of the Art and Future Trends. Idea Group Publishing Hershey (PA), London
- 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

Links

<http://www.wi-ol.de>

Languages of instruction

German, English

Duration (semesters)

1 Semester

Module frequency

WiSe

Module capacity

unlimited

Reference text

Usually, this course is offered as a block course during the lecture free period. The specific type and language will be announced prior to the beginning of the course

Teaching/Learning method

V+Ü

Examination

Prüfungszeiten

Type of examination

Final exam of module

In case the course is offered as block course, exams will be scheduled accordingly. Otherwise, usually within two weeks after the end of the lecture period

Written examination or Oral examination or Term paper/assignment or Formal presentation or Portfolio

The specific type of exam will be announced prior to the beginning of the course.

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	WiSe	28

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Exercises		2	WiSe	28
Total module attendance time				56 h

inf511 - Smart Grid Management

Module label	Smart Grid Management
Module code	inf511
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Business Informatics (Master) > Akzentsetzungsmodulare der Informatik• Master's Programme Computing Science (Master) > Angewandte Informatik• Master's Programme Engineering Physics (Master) > Schwerpunkt: Renewable Energies• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule• Sustainable Renewable Energy Technologies (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Lehnhoff, Sebastian (module responsibility)• Lehrenden, Die im Modul (authorised to take exams)
Prerequisites	No participant requirements

Skills to be acquired in this module

After successful completion of the course the students should be able to understand the existing structures and technical basis of energy systems to produce, transfer and distribute electricity and their interaction and dependency on each other. They should have developed an understanding for necessary IT- and process control technology components, methods and processes to control and operate electrical energy systems. The students are able to estimate and evaluate the requirements and challenges of ICT and computer science which are caused by the development and integration of unforeseeable fluctuations of decentralised plants. The students will be able to estimate the influence of distributed control concepts and algorithms for decentralised plants and consumers in the so called Smart Grid energy systems. Regarding the requirements the students will be able to analyse the safety, reliability, realtime capability and flexibility of Smart Grid energy systems.

Professional competence

The students:

- understand the existing structures and the technical basis of energy systems producing, transferring and distributing electricity and their interaction and dependency on each other.
- develop an understanding for necessary IT- and process control technology components, methods and processes to control and operate electrical energy systems.
- estimate and evaluate the requirements and challenges of ICT and computer science which are caused by the development and integration of unforeseeable fluctuations of decentralised plants.
- estimate the influence of distributed control concepts and algorithms for decentralised plants and consumers in the so called Smart Grid energy systems.

Methodological competence

The students:

- analyse the safety, reliability, realtime capability and flexibility of Smart Grid energy systems
- use advanced mathematical methods to calculate networks

Social competence

The students:

- create solutions in small teams
- discuss their solutions

Self-competence

The students:

- reflect their own use of electricity as a limited resource

Module contents

Content of the Module: In this course information technology, economical energy industry and technical basic knowledge and methods are analysed by using concrete Smart Grid approaches. The basic calculation methods for an intelligent grid management are introduced. This module deals with the technical and economical framework for a permissible electrical network as well as mathematical modelling and calculation methods to analyse conditions of electrical energy networks (in stationary conditions).

These are:

- The organisation of the EU energy market (regulatory framework, responsibility in liberalisation of electrical energy systems)
- Establishment and operation of electrical energy supply networks (network topology, statutory duties of supply, supply quality/system services, malfunctions and protection systems)
- Network calculation (complex vector representation, effective/idle power, mathematical performance models/net model, transformation: node performance to node voltage and electricity, calculation of conductive current, current flow, fix-point-iteration, Newton-Raphson-Method, voltage drop, transformer model)
- Intelligent network management (Smart Grids), aggregation forms, machine learning approaches)

Recommended reading

Suggested reading:

- Crastan V.: "Elektrische Energieversorgung II", Springer 2004
- Heuck K., Dettman K. D., Schulz D.: "Elektrische Energieversorgung I", 7. Aufl., Vieweg 2007
- Konstantin, P.: "Praxisbuch Energiewirtschaft", Springer 2006
- Schwab, A.: "Elektroenergiesysteme, Springer 2009

Links

Language of instruction	English
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	jährlich
Module capacity	unlimited
Teaching/Learning method	V+Ü

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	At the end of the semester	written or oral exam

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		3	SuSe	42
Exercises		1	SuSe	14
Total module attendance time				56 h

inf510 - Energy Information Systems

Module label	Energy Information Systems
Module code	inf510
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master Applied Economics and Data Science (Master) > Specialization• Master's Programme Business Informatics (Master) > Akzentsetzungsmodulare der Informatik• Master's Programme Computing Science (Master) > Angewandte Informatik• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Lehnhoff, Sebastian (module responsibility)• Lehrenden, Die im Modul (authorised to take exams)
Prerequisites	No participant requirements

Skills to be acquired in this module

The students will learn different approaches to integrate distributed facilities, the regulatory framework, relevant standards and architecture concepts of energy management systems and will be able to apply this knowledge.

Professional competence

The students:

- develop and evaluate IT-architectures for energy management systems
- model objects of this domain appropriately
- model energy information systems
- realise and differentiate advanced tasks of decentralised energy management systems

Methodological competence

The students:

- identify problems of energy management, analyse these problems systematically and provide solutions
- apply different simulation approaches of decentralised plants and consumers

Social competence

The students:

- discuss solutions for energy management systems in the group
- develop use cases in teams
- present self-developed solutions

Self-competence

The students:

- reflect their actions with regard to structuring and decomposing systems
- reflect their own use of power as a limited resource

Module contents

This module provides the computer science basics for energy management. It provides the requirements of energy supply information systems with the focus on technical components and the requirements of decentralised and renewable energy plants.

These are:

- Architectures for energy information systems, e.g. SOA, Seamless Integration Architecture (IEC TC 57), OPC-UA
- Norms and standards of energy industry data models (CIM, 61850)
- Systematisation of energy information system requirements based on ontologies
- Development, analysis and adaption of energy industry reference

models and processes

- Methods and technologies to support energy industry processes
- Methods and algorithms to support decision processes of the decentralised energy plants control
- Smart Grid plant communication, particularly for load management
- Methods for modelling and simulation of power supply system dynamics

Recommended reading

- Crastan V.: "Elektrische Energieversorgung II", Springer 2004
- Heuck K., Dettman K. D., Schulz D.: "Elektrische Energieversorgung I", 7. Aufl., Vieweg 2007
- Konstantin, P.: "Praxisbuch Energiewirtschaft", Springer 2006 - Schwab, A.: "Elektroenergiesysteme, Springer 2009

Links

Language of instruction	English	
Duration (semesters)	1 Semester	
Module frequency	annual	
Module capacity	unlimited	
Teaching/Learning method	V+S	
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination

Final exam of module

At the end of the semester

Student research project or presentation

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	WiSe	28
Seminar		2	WiSe	28
Total module attendance time				56 h

inf535 - Computational Intelligence I

Module label	Computational Intelligence I
Module code	inf535
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master Applied Economics and Data Science (Master) > Data Science• Master's Programme Business Informatics (Master) > Akzentsetzungsmodulare der Informatik• Master's Programme Computing Science (Master) > Angewandte Informatik• Master's Programme Engineering of Socio-Technical Systems (Master) > Embedded Brain Computer Interaction• Master's Programme Engineering of Socio-Technical Systems (Master) > Human-Computer Interaction• Master's Programme Engineering of Socio-Technical Systems (Master) > Systems Engineering• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Kramer, Oliver (module responsibility)• Lehrenden, Die im Modul (authorised to take exams)
Prerequisites	Basics of statistics

Skills to be acquired in this module

After successful completion of the course, students should have acquired the ability to master the presented methods in theory and practice. The students should be able to recognize and model corresponding optimization and data analysis problems themselves and to apply the methods unerringly.

Professional competence

The students:

- recognise optimisation problems
- implement simple algorithms of heuristic optimisation
- critically discuss solutions and selection of methods
- deepen previous knowledge of analysis and linear algebra

Methodological competence

The students:

- deepen programming skills
- apply modelling skills
- learn about the relation between problem class and method selection

Social competence

The students:

- cooperatively implement content introduced in lecture
- evaluate own solutions and compare them with those of their peers

Self-competence

The students:

- evaluate own skills with reference to peers
- realize personal limitations
- adapt own problem solving approaches with reference to required method competences

Module contents

Computational Intelligence comprises intelligent and adaptive methods for optimisation and learning. The module "Computational Intelligence I" concentrates on methods for evolutionary optimisation and heuristic approaches. The exercises introduce and deepen practical aspects of the implementation and algorithmic design, also taking into account application aspects.

Overview of Content:

- foundations of optimisation
- genetic algorithms and evolution strategies
- parameter control and self-adaptation
- runtime analysis
- swarm algorithms
- constrained optimisation
- multi-objective optimisation
- meta-modeling

Recommended reading

- EIBEN, A. E.; SMITH, J. E.: Introduction to Evolutionary Computing. Springer, 2003.
- KENNEDY, J.; EBERHART, R.C.; YUHUI, S.: Swarm Intelligence. Morgan Kaufmann, 2001.
- KRAMER, O.: Computational Intelligence. Springer, 2009.
- RUTKOWSKI, L.: Computational Intelligence Methods and Techniques. Springer, 2008.
- ROJAS, R.: Theorie der neuronalen Netze: Eine systematische Einführung. Springer, 1993.

Links

Languages of instruction	English , German
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	annual
Module capacity	unlimited
Teaching/Learning method	V+Ü

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	At the end of the lecture period	Written or oral exam

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	WiSe	28
Exercises		2	WiSe	28
Total module attendance time				56 h

inf536 - Computational Intelligence II

Module label	Computational Intelligence II
Module code	inf536
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master Applied Economics and Data Science (Master) > Data Science• Master's Programme Business Informatics (Master) > Akzentsetzungsmodulare der Informatik• Master's Programme Computing Science (Master) > Angewandte Informatik• Master's Programme Engineering of Socio-Technical Systems (Master) > Embedded Brain Computer Interaction• Master's Programme Engineering of Socio-Technical Systems (Master) > Human-Computer Interaction• Master's Programme Engineering of Socio-Technical Systems (Master) > Systems Engineering• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Kramer, Oliver (module responsibility)• Lehrenden, Die im Modul (authorised to take exams)

Prerequisites

useful previous knowledge: Linear Algebra, Stochastics

Skills to be acquired in this module

In the lecture "Convolutional Neural Networks" you will learn the basics of Convolutional Neural Networks, from methodological understanding to implementation.

Professional competence

The Students:

- will learn Deep Learning expertise, which are essential qualifications as AI experts and Data Scientists.

Methodological competence

The Students:

- learn the methods mentioned as well as the implementation in Python, NymPy and Keras.

Social competence

The Students:

- are encouraged to discuss the taught content in groups and work together to implement the programming tasks in the exercises

Self-competence

The Students:

- are guided to conduct independent research on advanced methods as the teaching field changes dynamically

Module contents

Students learn the basics of machine learning and in particular the topics of dense layers, cross-entropy, backpropagation, SGD, momentum, Adam, batch normalization, regularization, convolution, pooling, ResNet, DenseNet, and convolutional SOMs

Recommended reading

- Deep Learning by Aaron C. Courville, Ian Goodfellow und Yoshua

Bengio

Links				
Language of instruction		English		
Duration (semesters)		1 Semester		
Module frequency		every summer term		
Module capacity		unlimited		
Teaching/Learning method		V+Ü		
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination		
Final exam of module				
	lecture-free period at the end of the semester	written exam, e-exam		
Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	SuSe	28
Exercises		2	SuSe	28
Total module attendance time				56 h

mar779 - Computer-oriented Physics

Module label	Computer-oriented Physics
Module code	mar779
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none"> • Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none"> • Hartmann, Alexander (module responsibility)
Prerequisites	
Skills to be acquired in this module	

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.

Module contents

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

Recommended reading

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)

Links

Languages of instruction	German, English	
Duration (semesters)	1 Semester	
Module frequency	jährlich	
Module capacity	unlimited	
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	Klausur am Ende der Veranstaltungszeit oder fachpraktische Übungen oder mündliche Prüfung oder Portfolio nach Maßgabe der Dozentin oder des Dozenten	KL
Type of course	Lecture and exercise	
SWS	4	
Frequency	SuSe or WiSe	
Workload attendance time	56 h	

inf810 - Special Topics in Computer Science I

Module label	Special Topics in Computer Science I
Module code	inf810
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Business Informatics (Master) > Akzentsetzungsmodule der Informatik• Master's Programme Computing Science (Master) > Angewandte Informatik• Master's Programme Computing Science (Master) > Informatik, allgemein• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Peter, Andreas (module responsibility)• Marx Gómez, Jorge (module responsibility)• Lehrenden, Die im Modul (authorised to take exams)

Prerequisites	The expected previous knowledge is specified in the details of the assigned course.
----------------------	---

Skills to be acquired in this module	This module integrates current computer science developments into the business informatics program by appropriate study courses.
---	--

Professional competence

The students:

- know recent technological or scientific computer science developments
- transfer computer science methods and development models to IT application area requirements
- evaluate the possibilities and limitations of computer science methods and tools and apply them appropriately

Methodological competence

The students:

- review problems, formulate them with formal models and explore them appropriate
- identify and present (one or more) computer science problem solutions
- select and evaluate appropriate tools and methods
- examine problems with technical and scientific literature

Social competence

The students:

- work in a team

Self-competence:

The Students:

- plan their informatical actions independently

Module contents	According to the assigned course
------------------------	----------------------------------

Recommended reading	According to the assigned course
----------------------------	----------------------------------

Links**Language of instruction** German**Duration (semesters)** 1 Semester**Module frequency** irregular**Module capacity** unlimited**Reference text**

If more than one course is assigned to the module, you should generally select courses totalling 4 SWS, e.g. a lecture with an associated tutorial. Further information can be found in the description (details) of the assigned courses.

Teaching/Learning method VA from V, Ü, S, P

Examination Prüfungszeiten Type of examination

Final exam of module

Portfolio or presentation or oral exam or written exam

The concretely chosen form of examination will be announced in the respective assigned courses.

Type of course Course selection**SWS** 4**Frequency** SuSe or WiSe**Workload attendance time** 56 h

inf811 - Special Topics in Computer Science II

Module label	Special Topics in Computer Science II
Module code	inf811
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Business Informatics (Master) > Akzentsetzungsmodule der Informatik• Master's Programme Computing Science (Master) > Angewandte Informatik• Master's Programme Computing Science (Master) > Informatik, allgemein• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Marx Gómez, Jorge (module responsibility)• Peter, Andreas (module responsibility)• Lehrenden, Die im Modul (authorised to take exams)
Prerequisites	Useful background knowledge is specified in the details of the assigned course.
Skills to be acquired in this module	<p>This module integrates current computer science developments into the business informatics program, especially considering the selected focus area, by appropriate study courses.</p> <p>Professional competence</p> <p>The students:</p> <ul style="list-style-type: none">• know recent technological or scientific computer science developments• transfer computer science methods and development models to IT application area requirement• evaluate the possibilities and limitations of computer science methods and tools and apply them appropriately <p>Methodological competence</p> <p>The students:</p> <ul style="list-style-type: none">• review problems, formulate them with formal models and explore them appropriately• identify and present (one or more) computer science problem solutions• select and evaluate appropriate tools and methods• examine problems with technical and scientific literatur <p>Social competence</p> <p>The students:</p> <ul style="list-style-type: none">• work in a team <p>Self-competence:</p> <p>The Students:</p> <ul style="list-style-type: none">• lan their informatical actions independently
Module contents	According to the assigned course
Recommended reading	According to the assigned course
Links	
Language of instruction	German

Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	irregular
Module capacity	unlimited

Reference text

If more than one course is assigned to the module, you should generally select courses totalling 4 SWS, e.g. a lecture with an associated tutorial. Further information can be found in the description (details) of the assigned courses.

Teaching/Learning method	2 events from V, Ü, S, P	
---------------------------------	--------------------------	--

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
-------------	----------------	---------------------

Final exam of module

Portfolio or formal presentation or oral exam or written exam

The concretely chosen form of examination will be announced in the respective assigned courses.

Type of course	Course selection
-----------------------	------------------

SWS	4
------------	---

Frequency	SuSe or WiSe
------------------	--------------

Workload attendance time	28 h
---------------------------------	------

inf812 - Current Topics in Computer Science I

Module label	Current Topics in Computer Science I
Module code	inf812
Credit points	3.0 KP
Workload	90 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Business Informatics (Master) > Akzentsetzungsmodule der Informatik• Master's Programme Computing Science (Master) > Angewandte Informatik• Master's Programme Computing Science (Master) > Informatik, allgemein• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Fränzle, Martin Georg (module responsibility)• Marx Gómez, Jorge (module responsibility)• Peter, Andreas (module responsibility)• Lehrenden, Die im Modul (authorised to take exams)

Prerequisites	Useful background knowledge is specified in the details of the assigned course.
----------------------	---

Skills to be acquired in this module	<p>This module integrates current computer science developments into the business informatics program by appropriate study courses.</p> <p>Professional competence The students:</p> <ul style="list-style-type: none">• know recent technological or scientific computer science developments• transfer computer science methods and development models to IT application area requirements• evaluate the possibilities and limitations of computer science methods and tools and apply them appropriately <p>Methodological competence The students</p> <ul style="list-style-type: none">• review problems, formulate them with formal models and explore them appropriately• identify and present (one or more) computer science problem solutions• select and evaluate appropriate tools and methods• examine problems with technical and scientific literature <p>Social competence The students:</p> <ul style="list-style-type: none">• work in a team <p>Self-competence: The Students:</p> <ul style="list-style-type: none">• plan their informatical actions independently
---	---

Module contents	According to the assigned task
------------------------	--------------------------------

Recommended reading	According to the assigned task
----------------------------	--------------------------------

Links	
--------------	--

Language of instruction	German
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	irregular
Module capacity	unlimited

Reference text

If more than one course is assigned to the module, you should generally select a seminar totalling 2 SWS
 Further information can be found in the description (details) of the assigned courses.

Teaching/Learning method	1 event from V, Ü, S, P, PR		
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination	

Final exam of module

Written exam or portfolio or presentation or oral exam

The concretely chosen form of examination will be announced in the respective assigned courses.

Type of course	Course selection
SWS	2
Frequency	--
Workload attendance time	28 h

inf813 - Current Topics in Computer Science II

Module label	Current Topics in Computer Science II
Module code	inf813
Credit points	3.0 KP
Workload	90 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Business Informatics (Master) > Akzentsetzungsmodule der Informatik• Master's Programme Computing Science (Master) > Angewandte Informatik• Master's Programme Computing Science (Master) > Informatik, allgemein• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Marx Gómez, Jorge (module responsibility)• Fränzle, Martin Georg (module responsibility)• Lehrenden, Die im Modul (authorised to take exams)
Prerequisites	No participant requirements
Skills to be acquired in this module	<p>This module integrates current computer science developments into the business informatics program, especially considering the selected focus area, by appropriate study courses.</p> <p>Professional competence</p> <p>The students:</p> <ul style="list-style-type: none">• know recent technological or scientific computer science developments• transfer computer science methods and development models to IT application area requirements• evaluate the possibilities and limitations of computer science methods and tools and apply them appropriately <p>Methodological competenc</p> <p>The students:</p> <ul style="list-style-type: none">• review problems, formulate them with formal models and explore them appropriately• Identify and present (one or more) computer science problem solutions• select and evaluate appropriate tools and methods• examine problems with technical and scientific literature <p>Social competence</p> <p>The students:</p> <ul style="list-style-type: none">• work in a team <p>Self-competence:</p> <p>The Students:</p> <ul style="list-style-type: none">• plan their informatical actions independently
Module contents	According to the assigned task
Recommended reading	According to the assigned task
Links	
Language of instruction	German
Duration (semesters)	1 Semester

Module frequency	every semester	
Module capacity	unlimited	
Reference text	<p>If more than one course is assigned to the module, you should generally select a seminar totalling 2 SWS Further information can be found in the description (details) of the assigned courses.</p>	
Teaching/Learning method	1 event of V, Ü, S, P, PR	
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	Exercises or presentation or oral exam or written exam	
Type of course	Course selection	
SWS	2	
Frequency	--	
Workload attendance time	28 h	

inf006 - Software Engineering II

Module label	Software Engineering II
Module code	inf006
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Bachelor's Programme Business Informatics (Bachelor) > Akzentsetzungsbereich Praktische Informatik und Angewandte Informatik• Bachelor's Programme Computing Science (Bachelor) > Akzentsetzungsbereich - Wahlbereich Informatik• Master of Education Programme (Gymnasium) Computing Science (Master of Education) > Wahlpflichtmodule (Praktische Informatik)• Master's Programme Business Informatics (Master) > Akzentsetzungsmodulare der Informatik• Master's Programme Computing Science (Master) > Praktische Informatik• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Winter, Andreas (module responsibility)• Lehrenden, Die im Modul (authorised to take exams)
Prerequisites	

Expected/useful experience

from inf005 - Software Engineering I

Professional competence

The students:

- recognize the phases in the software life cycle (requirements elicitation, design, implementation, quality assurance)
- name the tasks involved in each phase
- recognize and evaluate the arrangement of these activities in classic and agile approaches
- assess and select suitable process models for the realization of projects
- understand the advantages of the modelling process with UML
- develop and evaluate models in different UML notations and their combinations
- solve given problems with the help of UML notations

Methodological competence

The students:

- structure, evaluate, differentiate and use procedures of classic and agile project management
- structure, document and evaluate problems and solutions using the tools of object-oriented modeling
- apply methods and techniques of object-oriented modeling with UML in a targeted manner

Social competence

The students:

- create, present and discuss solutions to problems using modeling techniques
- describe and solve given modeling problems in teams

Self-competence

The students:

- reflect on their actions when describing problems and developing solutions

Skills to be acquired in this module

The aim of Software Engineering II is to deepen the topics covered in the Software Engineering. Using blended learning methods, students deepen their knowledge of software architecture. In the lecture part, the basics of software

architecture and selected topics are presented. Students work together research-oriented to develop an overview of the current literature and the current state of research and practical application of methods and techniques in software architecture. In individual presentations, the students detail selected topics and document them in a joint script. This is supplemented by (invited) lectures on current architecture topics.

Professional competence

The students:

- deepen methods and techniques of software engineering
- apply methods and techniques of software engineering specifically to describe, analyze and evaluate software architectures
- differentiate between techniques for the development of software architectures
- implement functional and non-functional requirements in software architectures and independently evaluate and reflect on these solutions

Methodological competence

The Students:

- develop a current research map of software architecture
- identify current methods and techniques of software architecture
- identify and discuss cross-references between the topics of the lecture and the contributions of fellow students
- present current solution approaches

Social competence

The Students:

- explain and discuss software engineering solutions in their practical application
- accept criticism and understand it as assistance

Self-competence

The Students:

- reflect on their actions when identifying approaches to solve software architecture issues
- internalize the development methods presented and add them to their actions

Module contents

The following subjects are provided:

- software architecture terminology, software architect, necessity of software architectures
- architecture description, views and viewpoints, architecture patterns, reference viewpoints
- software architecture development procedures (Siemens, 4+1),
- formal and informal software specification
- model-driven architecture
- domain-specific languages
- software architecture migration

Topics developed and presented individually by students include (depending on the personal interests of the participants)

- quality of software architectures
- concrete architecture patterns, styles, viewpoints
- software deployment
- distributed architectures, service-oriented architectures, component-oriented architectures, software-defined vehicles, event-driven architecture, architecture of IoT systems/CPS, etc
- agile software architecture
- evolution of software architectures
- evaluation and simulation of software architectures

Recommended reading

- Slide script for the lecture
- Ian Sommerville: Software Engineering, Addison-Wesley Longman, Amsterdam, 10. Auflage (Global Edition). 2015.

- Helmut Balzert: Lehrbuch der Software-Technik, Spektrum Akademischer Verlag, 3. Auflage 2009.
- Christine Hoffmeister, Robert Nord, Dilip Soni: Applied Software Architecture, Addison Wesley (1. November 1999)
- Len Bass, Paul Clements, Rick Kazman: Software Architecture in Practice (SEI Series in Software Engineering), Addison Wesley; 4. Edition (3. August 2021)
- Paul Clements, Felix Bachmann, Len Bass, David Garlan, James Ivers, Reed Little, Paulo Merson, Robert Nord, Judith Stafford: Documenting Software Architectures: Views and Beyond (SEI Series in Software Engineering), Addison-Wesley Educational Publishers Inc; 2. Edition (5. Oktober 2010)
- and actual papers from IEEE Software, IEEE Transactions on Software-Engineering, Informatik-Spektrum und various conferences (ICSE, ICSME, SANER, ICPC, SLE, MODELS etc.)

Links		
Language of instruction	German	
Duration (semesters)	1 Semester	
Module frequency	every summer term	
Module capacity	unlimited	
Teaching/Learning method	V+S	
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	Accompanying lectures operation	portfolio - Active participation (including presentation and discussion of various interim results, self-report) - Presentation 30-45 min - Elaboration 4-6 pages IEEE

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	SuSe	28
Seminar		2	SuSe	28
Total module attendance time				56 h

inf5408 - Applied Deep Learning in PyTorch

Module label	Applied Deep Learning in PyTorch
Module code	inf5408
Credit points	6.0 KP
Workload	180 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Business Informatics (Master) > Akzentsetzungsmodule der Informatik• Master's Programme Computing Science (Master) > Angewandte Informatik• Master's Programme Engineering of Socio-Technical Systems (Master) > Embedded Brain Computer Interaction• Master's Programme Engineering of Socio-Technical Systems (Master) > Human-Computer Interaction• Master's Programme Engineering of Socio-Technical Systems (Master) > Systems Engineering• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Strodthoff, Nils (module responsibility)• Lehrenden, Die im Modul (authorised to take exams)
Prerequisites	Content prerequisites are basic theoretical knowledge in the field of machine learning and practical programming skills in Python.

Skills to be acquired in this module

Professional competence

The students

- have an overview of the components of deep learning frameworks
- are familiar with application areas of deep learning methods across various data modalities, and common solution strategies and model architectures
- can appropriately adapt deep learning methods to new problems in the respective domains and apply them independently.

Methodological competence

The students

- independently develop theoretical and practical concepts with the help of in-person events, provided materials, and specialized literature.

Social competence

The students

- can present solution approaches for problems in this area to the plenary and defend them in discussions.

Self-competence

The students

- are able to assess their own subject-specific and methodological competence
- take responsibility for their competence development and learning progress and reflect on these independently
- independently work on learning content and can critically reflect on the content.

General competence goals:

- ++ knowledge of data science/ML methods and its foundations
- ++ ability to analyze problems, compare and select solution methods
- + formalizing problems mathematically, developing and implementing solutions, interpret their results
- + data management and infrastructure skills
- + data presentation & discussion
- + scientific literature (reading & writing)
- + scientific communication skills (in particular with people outside the field of

study)

Module contents

This lecture provides a comprehensive introduction to contemporary Deep Learning methods, with a specific emphasis on their practical application. Concurrently, it serves as a primer for the widely-used PyTorch Deep Learning framework, assuming only a basic familiarity with Python. The course encompasses a wide range of prevalent machine learning tasks across various data types, including tabular, image, text, audio, and graph data. Throughout the course, we delve into the most crucial and up-to-date model architectures within these domains.

This encompasses convolutional neural networks, recurrent neural networks, and transformer models. The lecture is complemented by hands-on exercise sessions, where students will gain practical proficiency with PyTorch. Simultaneously, they will acquire practical insights to effectively apply contemporary deep learning methods within their specific fields of interest.

Recommended reading

- Raschka, S., Liu, Y. H., & Mirjalili, V. (2022). *Machine Learning with PyTorch and Scikit-Learn: Develop machine learning and deep learning models with Python*. Packt Publishing Ltd.
- Zhang, A., Lipton, Z. C., Li, M., & Smola, A. J. (2023). *Dive into deep learning*. Cambridge University Press.
- Prince, S. J. (2023). *Understanding deep learning*. MIT press.

Links

Language of instruction	English	
Duration (semesters)	1 Semester	
Module frequency	every winter term	
Module capacity	unlimited	
Teaching/Learning method	V+Ü	
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
Final exam of module	at the end of the lecture period	Written / oral exam Active participation: Handing in exercises

Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		2	WiSe	28
Exercises		2	WiSe	28
Total module attendance time				56 h

mar780 - Practical Seminar in Modelling

Module label	Practical Seminar in Modelling		
Module code	mar780		
Credit points	6.0 KP		
Workload	180 h		
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none"> • Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule 		
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none"> • Feudel, Ulrike (module responsibility) • Umweltmodellierung, Lehrende (Module counselling) 		
Prerequisites	mindestens 6 KP im Schwerpunktfach bzw. Ergänzungsbereich müssen nachgewiesen sein		
Skills to be acquired in this module	<p>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.</p>		
Module contents	<p>Das Forschungsprojekt sollte 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 die Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus ihrem Projekt.</p>		
Recommended reading	Wird je nach Themenstellung individuell festgelegt, im Allgemeinen sind dies aktuelle Originalarbeiten aus wissenschaftlichen Zeitschriften		
Links			
Languages of instruction	German, English		
Duration (semesters)	1 Semester		
Module frequency	jährlich		
Module capacity	unlimited		
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination	
Final exam of module		RE	
Type of course	Seminar and exercise		
SWS	4		
Frequency	WiSe		
Workload attendance time	56 h		

mar800 - Contact Internship/Research Project

Module label	Contact Internship/Research Project
Module code	mar800
Credit points	12.0 KP
Workload	360 h
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none"> • Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Mastermodule
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none"> • Feudel, Ulrike (module responsibility) • Umweltmodellierung, Lehrende (Module counselling)
Prerequisites	mindestens 12 KP im Schwerpunktfach bzw. Ergänzungsbereich müssen nachgewiesen sein

Skills to be acquired in this module

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.

Module contents

Interdisziplinäres Forschungsprojekt, das in der Regel von zwei Dozentinnen oder Dozenten aus verschiedenen Arbeitsgruppen betreut wird.

Die Inhalte des Forschungsprojekts sollen aktuelle Forschungsfragen, die interdisziplinär von den am Studiengang beteiligten Arbeitsgruppen bearbeitet werden, betreffen.

Nach Maßgabe der Dozenten nehmen die Studierenden an den Abteilungs- bzw. Arbeitsgruppenseminaren teil und präsentieren dort Ziele und Ergebnisse des Projekts.

Das Forschungsprojekt kann alternativ auch in einem externen Institut, einer Behörde oder einem Unternehmen absolviert werden oder im Rahmen eines Auslandssemesters anerkannt werden. In allen Fällen muss es sich um eine Tätigkeit handeln, die inhaltlich in engem Zusammenhang mit den Zielen des Studiengangs stehen, handeln. Dies muss von der betreuenden Stelle vor Beginn des Praktikums schriftlich bestätigt werden.

In allen Fällen muss mindestens eine Betreuerin oder ein Betreuer im Studiengang prüfungsberechtigt sein.

Recommended reading	Wird je nach Themenstellung individuell festgelegt, im Allgemeinen sind dies aktuelle Originalarbeiten aus wissenschaftlichen Zeitschriften
----------------------------	---

Links

Languages of instruction	German, English
Duration (semesters)	1 Semester
Module frequency	jährlich
Module capacity	unlimited

Reference text

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination		
Final exam of module		PR		
Type of course	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Seminar		1		14
Exercises		5	--	70
Total module attendance time				84 h

Abschlussmodul

mam - Master's Thesis Module

Module label	Master's Thesis Module		
Module code	mam		
Credit points	30.0 KP		
Workload	900 h (Kontaktzeit: 56 Stunden, Selbststudium: 844 Stunden)		
Applicability of the module	<ul style="list-style-type: none">• Master's Programme Environmental Modelling (Master) > Abschlussmodul		
Responsible persons	<ul style="list-style-type: none">• Feudel, Ulrike (module responsibility)• Umweltmodellierung, Lehrende (Module counselling)		
Prerequisites	Regelungen gem. Prüfungsordnung		
Skills to be acquired in this module	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.		
Module contents	Die Inhalte sind variabel und betreffen aktuelle Forschungsfragen, die auf hohem wissenschaftlichen Niveau bearbeitet werden.		
Recommended reading	Wechselnd in Abhängigkeit der spezifischen Themenstellung. Neben der Literatur sind in der Regel auch weitere Informationsquellen zu erschließen und auszuwerten		
Links			
Languages of instruction	German, English		
Duration (semesters)	1 Semester		
Module frequency	fortlaufend		
Module capacity	unlimited		
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination	
Final exam of module	Schriftliche Ausarbeitung, im Seminar öffentlicher Vortrag mit Diskussion möglichst auf Englisch über Zielsetzung und Ergebnisse der Arbeit Regelungen gem. Prüfungsordnung. Qualität der wissenschaftlichen Leistung und schriftlichen Ausarbeitung (90 %), Bewertung des Abschlusskolloquiums (10 %)		
Type of course	Seminar		

Frequency
