

FACHBEREICH BAU- UND UMWELTINGENIEURWESEN

**Hochschule Bochum**  
Bochum University  
of Applied Sciences



**MODULHANDBUCH  
MASTERSTUDIENGANG  
UMWELTINGENIEURWESEN**

(Prüfungsordnung 2018)

Sommersemester 2024



# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b>	<b>V</b>
1 Studienverlaufsplan . . . . .	V
2 Kompetenzentwicklung . . . . .	IX
<b>1 Module im ersten Studienjahr</b>	<b>1</b>
1.1 Modul Mathematik A – Höhere Analysis und Differentialgleichungen . . . . .	2
1.2 Modul Mathematik B – Stochastik . . . . .	3
1.3 Modul Mathematics C – Advanced Calculus and Differential Equations . . . . .	4
1.4 Modul Bauklimatik . . . . .	5
1.5 Modul Raumakustik . . . . .	6
1.6 Modul Digitale Systeme des Energie- und Quartiersmanagements . . . . .	7
1.7 Modul Geothermische Systeme für den Bestand – Innovation in Forschung und Praxis . . . . .	8
1.8 Modul Ingenieurwissenschaftliche Messtechnik . . . . .	9
1.9 Modul Ingenieurmethoden der Brandschutzplanung . . . . .	10
1.10 Modul Wassermengenwirtschaft und Hydrometrie . . . . .	11
1.11 Modul Numerische Methoden im Wasserbau . . . . .	12
1.12 Modul Wassersensible Stadt- und Straßenplanung . . . . .	13
1.13 Modul Sanierung von siedlungswasserwirtschaftlichen Leitungsnetzen . . . . .	14
1.14 Modul Ausgewählte Kapitel der Umwelttechnik . . . . .	15
1.15 Modul Leit- und Informationssysteme . . . . .	16
1.16 Modul Straßenraumgestaltung im kommunalen Bestand . . . . .	17
1.17 Modul Verkehrssicherheit . . . . .	18
1.18 Modul Numerik partieller Differentialgleichungen . . . . .	19
1.19 Modul Interdisziplinäres BIM-Seminar . . . . .	20
1.20 Modul Verfahrenstechnik der Wasseraufbereitung – Trinkwasser – Abwasser – Klärschlamm . . . . .	21
1.21 Modul Groundwater Hydraulics . . . . .	22
1.22 Modul Drilling Engineering 1 – Geotechnical and Near-Surface Drilling . . . . .	23
1.23 Modul Drilling Engineering 2 – Deep Drilling Engineering and Technologies . . . . .	24
1.24 Modul Geothermal Systems 1 – Heating, Cooling and Storage . . . . .	25
1.25 Modul Geothermal Systems 2 – Electricity Generation, District Heating and Industrial Uses . . . . .	26
1.26 Modul Geothermal Geology and Exploration . . . . .	27
1.27 Modul Hydro- and Geochemistry . . . . .	28
1.28 Modul Digital Rock Physics . . . . .	29
1.29 Modul Reservoir-Engineering . . . . .	30
1.30 Modul Rock Physics . . . . .	31
1.31 Modul Applied Geophysics . . . . .	32
1.32 Modul International Waste Management . . . . .	33
1.33 Modul Schlüsselkompetenzen A . . . . .	34
1.34 Modul Ingenieurwissenschaftliche Studien 1 . . . . .	35
1.35 Modul Ingenieurwissenschaftliche Studien 2 . . . . .	36
1.36 Modul Ingenieurwissenschaftliche Studien 3 . . . . .	37
1.37 Modul Ingenieurwissenschaftliche Studien 4 . . . . .	38
<b>2 Module im zweiten Studienjahr</b>	<b>39</b>
2.1 Modul Masterarbeit und Kolloquium . . . . .	40



# Einleitung

## 1 Studienverlaufsplan

Der hier aufgeführte Studienverlaufsplan dient der Orientierung von Studierenden und ist nicht verbindlich. Maßgebend ist in jedem Fall die Studienprüfungsordnung und der dort beigefügte Studienverlaufsplan.

Für alle Module dieses Studiengangs gilt: Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten sind mindestens mit "ausreichend" bewertete Prüfungsleistungen und, sofern ein Testat vorgesehen ist, das Erlangen des Testats.

### 1. Studienjahr

Das erste Studienjahr beinhaltet neben einer Vielzahl von Wahlmodulen ein Pflichtmodul Mathematik. Dabei kann aus einem Angebot von drei Mathematikmodulen ausgewählt werden, wobei eines in englischer Sprache angeboten wird.

#### Pflichtmodule des 1. Studienjahres

Pflichtmodule	Sommersemester LP	Wintersemester LP
Mathematik A – Höhere Analysis und Differentialgleichungen <sup>1</sup>	5	
Mathematik B – Stochastik <sup>1</sup>		5
Mathematics C – Advanced Calculus and Differential Equations <sup>1</sup>	5	
Summe des Angebots	10	5

<sup>1</sup> Von den Modulen „Mathematik A“, „Mathematik B“ und „Mathematics C“ ist eines als Basismodul zu belegen. Ein weiteres kann als ergänzendes Wahlmodul belegt werden, wobei die Kombination „Mathematik A“ und „Mathematics C“ nicht möglich ist.

Das Modul 'Mathematik C' wird empfohlen für das Studienprofil 'Geothermal Energy Systems'.

## Wahlpflichtmodule des 1. Studienjahres

Wahlpflichtmodule	Sommersemester LP	Wintersemester LP
Bauklimatik	5	
Raumakustik		5
Digitale Systeme des Energie- und Quartiersmanagements		5
Geothermische Systeme für den Bestand - Innovation in Forschung und Praxis		5
Ingenieurwissenschaftliche Messtechnik		5
Ingenieurmethoden der Brandschutzplanung		5
Wassermengenwirtschaft und Hydrometrie		5
Numerische Methoden im Wasserbau	5	
Wassersensible Stadt- und Straßenplanung	5	
Sanierung von siedlungswasserwirtschaftlichen Leitungsnetzen		5
Ausgewählte Kapitel der Umwelttechnik		5
Leit- und Informationssysteme		5
Straßenraumgestaltung im kommunalen Bestand		5
Verkehrssicherheit		5
Numerik partieller Differentialgleichungen		5
Interdisziplinäres BIM-Seminar		5
Verfahrenstechnik der Wasseraufbereitung - Trinkwasser - Abwasser - Klärschlamm		5
Groundwater Hydraulics	5	
Drilling Engineering 1 - Geotechnical and Near-Surface Drilling	5	
Drilling Engineering 2 - Deep Drilling Engineering and Technologies		5
Geothermal Systems 1 - Heating, Cooling and Storage	5	
Geothermal Systems 2 - Electricity Generation, District Heating and Industrial Uses	5	
Geothermal Geology and Exploration		5
Hydro- and Geochemistry		5
Digital Rock Physics	5	
Reservoir-Engineering		5
Rock Physics	5	
Applied Geophysics		5
International Waste Management	5	
Summe des Angebots	50	95

**Wahlpflichtmodule des 1. Studienjahres im Studienprofil Geothermal Energy Systems**

Wahlpflichtmodule	Sommersemester LP	Wintersemester LP
Groundwater Hydraulics	5	
Drilling Engineering 1 – Geotechnical and Near-Surface Drilling	5	
Drilling Engineering 2 – Deep Drilling Engineering and Technologies		5
Geothermal Systems 1 – Heating, Cooling and Storage	5	
Geothermal Systems 2 – Electricity Generation, District Heating and Industrial Uses	5	
Geothermal Geology and Exploration		5
Hydro- and Geochemistry		5
Digital Rock Physics	5	
Reservoir-Engineering		5
Rock Physics	5	
Applied Geophysics		5
Summe des Angebots	30	25

**Ergänzende Wahlpflichtmodule des 1. Studienjahres**

Wahlpflichtmodule	Sommersemester LP	Wintersemester LP
Schlüsselkompetenzen A <sup>1</sup>	5	5
Ingenieurwissenschaftliche Studien 1 <sup>2</sup>	5	5
Ingenieurwissenschaftliche Studien 2 <sup>2</sup>	5	5
Ingenieurwissenschaftliche Studien 3 <sup>2</sup>	5	5
Ingenieurwissenschaftliche Studien 4 <sup>2</sup>	5	5
Summe des Angebots	25	25

<sup>1</sup> Das Modul „Schlüsselkompetenzen A“ kann entweder im Sommersemester oder im Wintersemester belegt werden.

<sup>2</sup> Kann auch in englischer Sprache angeboten werden.

### 3. Semester

Das 3. Semester beinhaltet ausschließlich die abschließende Masterarbeit mit dem zugehörigen Kolloquium.

#### Pflichtmodule des 3. Semesters

Pflichtmodul	Sommersemester LP	Wintersemester LP
Masterarbeit und Kolloquium	30	30
Summe des Angebots	30	30

LP - Leistungspunkte nach dem europäischen System zur Übertragung und Akkumulierung von Studienleistungen (ECTS-Punkte)



## 2 Kompetenzentwicklung

Das Masterstudium Umweltingenieurwesen führt zu vertieften analytisch-methodischen Kompetenzen. Zugleich werden die Kenntnisse, Fertigkeiten und Kompetenzen aus dem ersten Studium vertieft und erweitert. Im Rahmen der Erweiterung des Wissens werden die Absolventinnen und Absolventen in die Lage versetzt, besondere Aspekte gängiger Aufgabenstellungen zu identifizieren und vor wissenschaftlichem Hintergrund zu lösen. Zudem können Sie Lösungswege für Aufgabenstellungen finden, die in der Praxis weniger häufig vorkommen, aber einer fachlich fundierten Behandlung bedürfen.

Absolventinnen und Absolventen vertiefen ihr Wissen in der Form, dass sie Themenstellungen, die zum Kanon des Bachelor-Studiums gehören, mittels anspruchsvollerer wissenschaftlicher Verfahren neu betrachten können. Dadurch entstehen neue Lösungsmöglichkeiten, die den Standardlösungen hinsichtlich Aussagefähigkeit und Genauigkeitsgrad überlegen sind oder Bereiche erfassen, die bei der Standardlösung nicht berücksichtigt werden.

Auf dieser Seite sind die angestrebten Lernergebnisse des Masterstudiengangs Umweltingenieurwesen zusammengefasst. Die Beiträge der einzelnen Module zu diesen Lernzielen finden sich in den jeweiligen Ziele-Module-Matrizen der Studienphasen und Studienprofile auf den nachfolgenden Seiten.

- **Fachliche Grundlagen kennen.** Absolventinnen und Absolventen kennen und verstehen vertiefte fachspezifische Grundlagen des Umweltingenieurwesens und haben spezielles Methodenwissen und verbreiterte methodische Kompetenzen erworben.
- **Wissenschaftliche Grundlagen kennen.** Absolventinnen und Absolventen haben vertiefte theoretische Kenntnisse mit wissenschaftlichem Anspruch in mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereichen erworben.
- **Fachliche Grundlagen anwenden.** Absolventinnen und Absolventen haben die vertieften fachspezifischen Grundlagenkenntnisse auf komplexe Fragestellungen angewendet.
- **Aufgaben erkennen und lösen.** Absolventinnen und Absolventen können anspruchsvolle Aufgaben unter Berücksichtigung gesicherter wissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden des Umweltingenieurwesens identifizieren, formulieren und lösen.
- **Methoden entwickeln.** Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage, neue, anspruchsvolle und innovative Methoden zur Nachweiserstellung und Prognose zu entwickeln.
- **In Projekten planen.** Absolventinnen und Absolventen können Planungen und Konzepte im Arbeitsfeld Umweltingenieurwesen eigenständig erstellen und die Anforderungen an gesamtverantwortliche Steuerung und Leitung komplexer Prozesse eigenständig bestimmen.
- **Projekte bewerten.** Absolventinnen und Absolventen können komplexe Projekte unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeit, Umweltverträglichkeit, ökologischer und ökonomischer Aspekte sowie mit Hilfe der Beiträge anderer Disziplinen ganzheitlich und interdisziplinär betrachten und bewerten. Sie sind in der Lage, sich eigenständig den aktuellen wissenschaftlichen Stand zu einer Untersuchungsfrage anzueignen und zu prüfen, inwieweit dieser zur Beschreibung, Analyse und Problemlösung hilfreich ist.
- **Praxisorientiert forschen.** Absolventinnen und Absolventen haben das Können erworben, selbständig wissenschaftlich zu arbeiten. Sie sind in der Lage, an der praktischen, methodischen und wissenschaftlichen, theoretischen Entwicklung des Faches teilzunehmen, diese zu verfolgen, eigene und fremde Forschungsergebnisse bzw. Informationen kritisch zu analysieren, zu bewerten und darüber schriftlich und mündlich zu kommunizieren.
- **Planung von Projekten organisieren.** Absolventinnen und Absolventen haben sich wissenschaftliche, technische und soziale Kompetenzen (Abstraktionsvermögen, systemanalytisches Denken, Team- und Kommunikationsfähigkeit, internationale und interkulturelle Erfahrung usw.) zu Eigen gemacht und sind dadurch besonders auf die Übernahme von Führungsverantwortung vorbereitet.
- **Im Team interdisziplinär arbeiten.** Absolventinnen und Absolventen sind dazu befähigt, sowohl einzeln als auch als Mitglied internationaler und gemischtgeschlechtlicher Gruppen zu arbeiten und dabei besonders anspruchsvolle Aufgaben zu übernehmen.
- **Inhalte kommunizieren.** Absolventinnen und Absolventen sind dazu befähigt, über kontrovers diskutierte Inhalte und Probleme des Umweltingenieurwesens sowohl mit Fachkollegen als auch mit einer breiteren Öffentlichkeit, auch fremdsprachlich und interkulturell, zu kommunizieren.
- **Projekte organisieren.** Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage, schwierige Projekte effektiv zu organisieren und durchzuführen und dabei in eine entsprechende Führungsverantwortung hineinzuwachsen.

# Studium

	Fachliche Kompetenzen							Schlüsselkompetenzen				
	Fachliche Grundlagen kennen	Wissenschaftliche Grundlagen kennen	Fachliche Grundlagen anwenden	Aufgaben erkennen und lösen	Methoden entwickeln	In Projekten planen	Projekte bewerten	Praxisorientiert forschen	Planung von Projekten organisieren	Im Team interdisziplinär arbeiten	Inhalte kommunizieren	Projekte organisieren
<b>Sommersemester</b>												
Mathematik A		●●●	●●	●●●	●			●●			●	
Mathematics C		●●●	●●	●●●	●			●●			●	
Bauklimatik	●●●	●●●	●●●	●●●	●	●●	●●●	●●●	●	●	●●●	●
Numerische Methoden im Wasserbau		●●●	●●●	●●			●●			●		●
Wassersensible Stadt- und Straßenplanung	●●●	●●●	●●●	●	●	●	●●●	●●●	●	●●●	●●●	
Groundwater Hydraulics	●●●	●	●●●	●●		●●						
Drilling Engineering 1	●●	●●	●	●●	●●	●	●	●●●	●	●●	●●	●
Geothermal Systems 1	●●	●	●●●	●●●	●	●●●	●	●	●●●	●●	●●	●●
Geothermal Systems 2	●●●	●	●●	●●●	●	●●●	●●	●●	●	●	●●●	●●
Digital Rock Physics	●●●	●●●	●●●	●●●	●			●●●		●	●	
Rock Physics	●●●	●●●	●●●	●●●	●			●●●			●	
International Waste Management	●●●	●●	●	●●	●	●●●	●●		●	●●●	●●●	
<b>Wintersemester</b>												
Mathematik B		●●●	●●	●●●	●		●	●●			●	
Raumakustik	●●●	●●●	●●●	●●●	●	●●●	●●●	●	●		●●●	●
Digitale Systeme des Energie- und Quartiersmanagements	●●●	●	●●	●●		●	●				●●	●
Geothermische Systeme für den Bestand	●●●	●	●●	●●		●●	●●	●	●		●●	●
Ingenieurwissenschaftliche Messtechnik	●●●	●●	●●●	●●			●	●●		●	●●	●●
Ingenieurmethoden der Brandschutzplanung	●●●	●	●●●	●●●		●●	●●			●	●	
Wassermengenwirtschaft und Hydrometrie		●●●	●●●	●●●	●					●●	●●	
Sanierung von siedlungswasserwirtschaftlichen Leitungsnetzen	●●●	●●	●●●			●●●	●●●		●●	●●	●●●	
Ausgewählte Kapitel der Umwelttechnik	●●●	●●●		●●●	●					●●	●●●	
Leit- und Informationssysteme	●●●	●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●		●	●●●	●●●	●
Straßenraumgestaltung im kommunalen Bestand	●●●	●	●●●	●●●		●●●	●			●●●	●●●	
Verkehrssicherheit	●●●	●●●	●●●	●●●		●●●	●●●	●		●●	●●●	
Numerik partieller Differentialgleichungen	●	●●●	●●	●●	●●●	●		●●●			●●	
Interdisziplinäres BIM-Seminar	●	●	●●	●●	●●	●●●	●		●	●●	●●	●●
Verfahrenstechnik der Wasseraufbereitung	●●●	●●●	●	●●	●	●●●		●●		●●●	●●●	
Drilling Engineering 2	●●●	●●	●●			●					●●	
Geothermal Geology and Exploration	●●●	●●	●●	●●	●	●		●●		●●	●	
Hydro- and Geochemistry	●●●	●●	●●	●●	●	●		●●		●●	●●●	
Reservoir-Engineering	●●●	●●●	●●●	●●	●●			●●●		●	●	
Applied Geophysics	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			●●●		●	●	
<b>Jedes Semester</b>												
Schlüsselkompetenzen A				●●●	●●●	●●●			●●●	●●●	●●●	●●●
Ingenieurwissenschaftliche Studien 1	●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●
Masterarbeit und Kolloquium	●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●		●●●	

## Studium im Studienprofil Geothermal Energy Systems

	Fachliche Kompetenzen						Schlüsselkompetenzen					
	Fachliche Grundlagen kennen	Wissenschaftliche Grundlagen kennen	Fachliche Grundlagen anwenden	Aufgaben erkennen und lösen	Methoden entwickeln	In Projekten planen	Projekte bewerten	Praxisorientiert forschen	Planung von Projekten organisieren	Im Team interdisziplinär arbeiten	Inhalte kommunizieren	Projekte organisieren
<b>Sommersemester</b>												
Mathematik A		●●●	●●	●●●	●			●●			●	
Mathematics C		●●●	●●	●●●	●			●●			●	
Groundwater Hydraulics	●●●	●	●●●	●●		●●						
Drilling Engineering 1	●●	●●	●	●●	●●	●	●	●●●	●	●●	●●	●
Geothermal Systems 1	●●	●	●●●	●●●	●	●●●	●	●	●●●	●●	●●	●●
Geothermal Systems 2	●●●	●	●●	●●●	●	●●●	●●	●●	●	●	●●●	●●
Digital Rock Physics	●●●	●●●	●●●	●●●	●			●●●		●	●	
Rock Physics	●●●	●●●	●●●	●●●	●			●●●			●	
<b>Wintersemester</b>												
Mathematik B		●●●	●●	●●●	●		●	●●			●	
Drilling Engineering 2	●●●	●●	●●			●					●●	
Geothermal Geology and Exploration	●●●	●●	●●	●●	●	●		●●		●●	●	
Hydro- and Geochemistry	●●●	●●	●●	●●	●	●		●●		●●	●●●	
Reservoir-Engineering	●●●	●●●	●●●	●●	●●			●●●		●	●	
Applied Geophysics	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●			●●●		●	●	
<b>Jedes Semester</b>												
Schlüsselkompetenzen A				●●●	●●●	●●●			●●●	●●●	●●●	●●●
Ingenieurwissenschaftliche Studien I	●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●
Masterarbeit und Kolloquium	●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●		●●●	



# 1 Module im ersten Studienjahr

## Pflichtmodule

1.1	Mathematik A – Höhere Analysis und Differentialgleichungen	2
1.2	Mathematik B – Stochastik	3
1.3	Mathematics C – Advanced Calculus and Differential Equations	4

## Wahlpflichtmodule

1.4	Bauklimatik	5
1.5	Raumakustik	6
1.6	Digitale Systeme des Energie- und Quartiersmanagements	7
1.7	Geothermische Systeme für den Bestand – Innovation in Forschung und Praxis	8
1.8	Ingenieurwissenschaftliche Messtechnik	9
1.9	Ingenieurmethoden der Brandschutzplanung	10
1.10	Wassermengenwirtschaft und Hydrometrie	11
1.11	Numerische Methoden im Wasserbau	12
1.12	Wassersensible Stadt- und Straßenplanung	13
1.13	Sanierung von siedlungswasserwirtschaftlichen Leitungsnetzen	14
1.14	Ausgewählte Kapitel der Umwelttechnik	15
1.15	Leit- und Informationssysteme	16
1.16	Straßenraumgestaltung im kommunalen Bestand	17
1.17	Verkehrssicherheit	18
1.18	Numerik partieller Differentialgleichungen	19
1.19	Interdisziplinäres BIM-Seminar	20
1.20	Verfahrenstechnik der Wasseraufbereitung – Trinkwasser – Abwasser – Klärschlamm	21
1.21	Groundwater Hydraulics	22
1.22	Drilling Engineering 1 – Geotechnical and Near-Surface Drilling	23
1.23	Drilling Engineering 2 – Deep Drilling Engineering and Technologies	24
1.24	Geothermal Systems 1 – Heating, Cooling and Storage	25
1.25	Geothermal Systems 2 – Electricity Generation, District Heating and Industrial Uses	26
1.26	Geothermal Geology and Exploration	27
1.27	Hydro- and Geochemistry	28
1.28	Digital Rock Physics	29
1.29	Reservoir-Engineering	30
1.30	Rock Physics	31
1.31	Applied Geophysics	32
1.32	International Waste Management	33

## Wahlpflichtmodule im Studienprofil Geothermal Energy Systems

1.21	Groundwater Hydraulics	22
1.22	Drilling Engineering 1 – Geotechnical and Near-Surface Drilling	23
1.23	Drilling Engineering 2 – Deep Drilling Engineering and Technologies	24
1.24	Geothermal Systems 1 – Heating, Cooling and Storage	25
1.25	Geothermal Systems 2 – Electricity Generation, District Heating and Industrial Uses	26
1.26	Geothermal Geology and Exploration	27
1.27	Hydro- and Geochemistry	28
1.28	Digital Rock Physics	29
1.29	Reservoir-Engineering	30
1.30	Rock Physics	31
1.31	Applied Geophysics	32

## Ergänzende Wahlpflichtmodule

1.33	Schlüsselkompetenzen A	34
1.34	Ingenieurwissenschaftliche Studien 1	35
1.35	Ingenieurwissenschaftliche Studien 2	36
1.36	Ingenieurwissenschaftliche Studien 3	37
1.37	Ingenieurwissenschaftliche Studien 4	38

## 1.1 Modul Mathematik A – Höhere Analysis und Differentialgleichungen

Modulbezeichnung Code	<b>Mathematik A – Höhere Analysis und Differentialgleichungen</b> M1-MatheA
Dauer / Turnus	Ein Semester / Jährlich im Sommersemester
Verantwortlich	Prof. Dr.-Ing. Matthias Baitsch
Dozentinnen / Dozenten	- Prof. Dr.-Ing. Matthias Baitsch - Dr.-Ing. Denis Busch
Sprache	Deutsch
Arbeitsaufwand	150 Stunden (30h Vorlesung, 30h Übung, 90h Eigenständiges Arbeiten)
Leistungspunkte / SWS	5 Leistungspunkte / 4 SWS
Voraussetzungen	Nach aktueller Prüfungsordnung
Voraussetzungen empfohlen	
Verwendbarkeit	- Masterstudiengang Bauingenieurwesen - Masterstudiengang Umweltingenieurwesen
Lernziele	Die Studierenden beherrschen die wichtigsten mathematischen Grundlagen zur Beschreibung physikalischer Phänomene durch Differentialgleichungen. Sie können ausgewählte gewöhnliche Differentialgleichungen zweiter Ordnung aufstellen, lösen und die Eigenschaften der Lösung beurteilen. Die Studierenden sind in der Lage, grundlegende Verfahren zur Herleitung partieller Differentialgleichungen aus physikalischen Gesetzen anzuwenden und kennen die dabei auftretenden Differentialoperatoren. Systeme mit einer harmonischen Anregung können sie mithilfe der komplexen Exponentialfunktion untersuchen. Sie kennen wichtige Reihenentwicklungen von Funktionen und deren Anwendungen.
Kenntnisse	- Komplexe Zahlen und komplexe Exponentialfunktion - Differentialgleichung des Einmassenschwingers - Grenzwerte, Stetigkeit und partielle Ableitungen von Funktionen im $\mathbb{R}^n$ - Gradient, Hesse-Matrix, Jacobi-Matrix - Differentialoperatoren und ausgewählte partielle Differentialgleichungen - Entwicklung von Funktionen in Taylor- und Fourierreihen
Fertigkeiten	- Systeme mit dynamischer Anregung analysieren - Eigenschaften von Abbildungen $\mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m$ untersuchen - Gewöhnliche und partielle Differentialgleichungen aufstellen - Nichtlineare Gleichungssysteme mit dem Newton-Verfahren lösen - Das Frequenzspektrum diskreter Signale untersuchen
Kompetenzen	- Komplexe physikalische Vorgänge mathematisch modellieren - Mathematisch ausgerichtete Literatur für die eigene Arbeit nutzen
Inhalt	- Rechenregeln für komplexe Zahlen - Gewöhnliche DGL zweiter Ordnung mit konstanten Koeffizienten - Punktfolgen und Grenzwerte von Funktionen mehrerer Variablen - Partielle Ableitungen, Richtungsableitung und totale Differenzierbarkeit - Nabla-Operator, Divergenz, Rotation und Laplace-Operator - Ausgewählte partielle Differentialgleichungen (Laplace, Poisson, Wärmeleitungsgleichung etc.) - Taylorpolynome für Funktionen mehrerer Variablen und Taylorreihen - Newton-Verfahren für Systeme nichtlinearer Gleichungen - Fourierreihen und diskrete Fouriertransformation
Lehr- und Lernformen	Studierende erarbeiten sich Lehrinhalte mithilfe von Erklärvideos und schriftlichen Unterlagen selbstständig, an der Hochschule werden in kleinen Gruppen Übungsaufgaben gelöst und Fragen diskutiert (Flipped-Classroom).
Prüfung mit Elementen	- Klausur (120 Minuten) - Mündliche Prüfung
Medien / Lehrmaterialien	- Skript Mathematik A - Erklärvideos auf Youtube
Literatur	- Grieser, D.: Analysis 1, Eine Einführung in die Mathematik des Kontinuums, Springer - Forster, O.: Analysis 1 (Differential/Integralrechnung einer Veränderlichen), Vieweg - Forster, O.: Analysis 2 (Differentialrechnung im $\mathbb{R}^n$ , gewöhnliche DGLn), Vieweg

## 1.2 Modul Mathematik B – Stochastik

Modulbezeichnung	<b>Mathematik B – Stochastik</b>
Code	M1-MatheB
Dauer / Turnus	Ein Semester / Jährlich im Wintersemester
Verantwortlich	Prof. Dr.-Ing. Matthias Baitsch
Dozentinnen / Dozenten	Prof. Dr.-Ing. Matthias Baitsch
Sprache	Deutsch
Arbeitsaufwand	150 Stunden (30h Vorlesung, 30h Übung, 90h Eigenständiges Arbeiten)
Leistungspunkte / SWS	5 Leistungspunkte / 4 SWS
Voraussetzungen	Nach aktueller Prüfungsordnung
Voraussetzungen empfohlen	
Verwendbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masterstudiengang Bauingenieurwesen</li> <li>- Masterstudiengang Umweltingenieurwesen</li> </ul>
Lernziele	<p>Die Veranstaltung soll zunächst dazu befähigen, statistische Daten (z.B. aus Erhebungen oder Messungen) nutzen, interpretieren und kommunizieren zu können. Darüber hinaus erlernen die Studierenden Methoden der mathematischen Modellierung zufälliger Vorgänge und sollen in die Lage versetzt werden, probabilistische Modelle aufzustellen und zu überprüfen.</p>
Kenntnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zentrale Aufgaben und Anwendungsfelder der Statistik</li> <li>- Grundbegriffe der Statistik</li> <li>- Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung und Kombinatorik</li> <li>- Maße zur Beschreibung des Zusammenhangs zwischen zwei Zufallsvariablen</li> <li>- Arten statistischer Tests</li> </ul>
Fertigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Datensätze mit geeigneten Graphiken visualisieren</li> <li>- Empirische Lage- und Streuungsparameter berechnen</li> <li>- Zusammenhänge zwischen Merkmalen darstellen und quantifizieren</li> <li>- Schätzung von Kenngrößen für Verteilungsmodelle</li> <li>- Regressionsgerade bestimmen und Anpassungsgüte quantifizieren</li> </ul>
Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Informationen aus Datensätzen gewinnen, interpretieren und Zusammenhänge erklären</li> <li>- Statistische Hypothesen aufstellen, testen und beurteilen</li> <li>- Sicherheits- und Zuverlässigkeitsanalysen durchführen</li> </ul>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Statistische Merkmale und Typen von Merkmalen</li> <li>- Stichprobentheorie (Konfidenzintervalle etc.)</li> <li>- Zufallsvariable und Wahrscheinlichkeitsräume</li> <li>- Verteilungsfunktionen diskreter und stetiger Zufallsgrößen</li> <li>- Unabhängigkeit, Kovarianz und Korrelation von Zufallsvariablen</li> <li>- Chi-Quadrat-Test und t-Test</li> </ul>
Lehr- und Lernformen	Studierende erarbeiten sich Lehrinhalte mithilfe von Erklärvideos und schriftlichen Unterlagen selbständig, an der Hochschule werden in kleinen Gruppen Übungsaufgaben gelöst und Fragen diskutiert (Flipped-Classroom).
Prüfung	Hausarbeit mit Kolloquium
Medien / Lehrmaterialien	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Skript Mathematik B</li> <li>- Erklärvideos auf Youtube</li> </ul>
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fahrmeir, L., Künstler, R., Pigeot, I., Tutz, G.: Statistik, Wege zur Datenanalyse, Springer</li> <li>- Mittag, H.J.: Statistik, Eine Einführung mit interaktiven Elementen, Springer</li> </ul>

### 1.3 Modul Mathematics C – Advanced Calculus and Differential Equations

Module title	<b>Mathematics C – Advanced Calculus and Differential Equations</b>
Code	M1-MatheC
Duration / Frequency	One semester / Each year in summer term
Responsible	Prof. Dr. E. H. Saenger
Lecturers	N. N.
Language	English
Workload	150 hours (45h Lecture, 30h Exercise, 75h Self driven work)
Credit points / Contact time	5 Credit points / 5 Hours per week
Prerequisites	According to current examination regulations
Recommended prerequisites	
Study programs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Master of Civil Engineering</li> <li>- Master of Environmental Engineering</li> </ul>
Learning goals	<p>Students learn the most important mathematical foundations for the description of physical phenomena by differential equations. They can set up selected ordinary differential equations of second order and can evaluate the properties of the solution. The students are able to apply basic methods for the derivation of partial differential equations from physical laws and know the occurring differential operators. Systems with harmonic excitation can be investigated them by the complex exponential function. They know important series expansions of functions and their applications.</p> <p style="text-align: right;">Knowledge</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Complex numbers and complex exponential function</li> <li>- Differential equation of the single-mass oscillator</li> <li>- Limits, continuity and partial derivatives of functions within <math>\mathbb{R}^n</math></li> <li>- Gradient, Hesse-Matrix, Jacobi-Matrix</li> <li>- Differential operators and selected partial differential equations</li> <li>- Development of functions in Taylor and Fourier series</li> </ul> <p style="text-align: right;">Skills</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Analyze systems with dynamic excitation</li> <li>- Study the properties of transformations <math>\mathbb{R}^n</math> to <math>\mathbb{R}^m</math></li> <li>- Set up ordinary and partial differential equations</li> <li>- Solve nonlinear equation systems using the Newton method</li> <li>- Explore the frequency spectrum of discrete signals</li> </ul> <p style="text-align: right;">Competencies</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mathematically modeling of complex physical processes</li> <li>- Mathematisch ausgerichtete Literatur für die eigene Arbeit nutzen</li> <li>- Use mathematically oriented literature for one's own work</li> </ul>
Content	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Calculation rules for complex numbers</li> <li>- Ordinary second order differential equations with constant coefficients</li> <li>- Point sequences and limits of functions of several variables</li> <li>- Partial derivatives, directional derivation and total differentiability</li> <li>- Nabla operator, divergence, rotation and Laplace operator</li> <li>- Selected partial differential equations (Laplace, Poisson, heat equation, etc.)</li> <li>- Taylor series</li> <li>- Fourier series and discrete Fourier transform</li> <li>- Newton's method for systems of nonlinear equations</li> </ul>
Teaching format	Lecture with change between lecture (blackboard and beamer) and activating Elements (discussion, tasks, etc.). Exercise with pre-calculation and independent work. Independent work with task sheets and comprehensive e-learning offer.
Examination with elements	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Klausur (120 Minuten; in Präsenz oder online)</li> <li>- Oral examination</li> </ul>
Media	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Blackboard</li> <li>- Digital projector</li> </ul>
Literature	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Shima and Nakayama: Higher Mathematics for Physics and Engineering (Springer)</li> <li>- Tenebaum and Pollard: Ordinary Differential Equations (Dover books)</li> </ul>



## 1.4 Modul Bauklimatik

Modulbezeichnung	<b>Bauklimatik</b>
Code	M1-BKlima
Dauer / Turnus	Ein Semester / Jährlich im Sommersemester
Verantwortlich	Prof. Dr. Gerrit Höfker
Dozentinnen / Dozenten	- Prof. Dr. Gerrit Höfker - Prof. Dr. Michael Rath
Sprache	Deutsch
Arbeitsaufwand	150 Stunden (45h Vorlesung, 15h Übung, 90h Eigenständiges Arbeiten)
Leistungspunkte / SWS	5 Leistungspunkte / 4 SWS
Voraussetzungen	Nach aktueller Prüfungsordnung
Voraussetzungen empfohlen	- Bauphysik 1, Bauphysik 2, Grundlagen der Gebäudeenergietechnik - Alternativ: entsprechende Grundlagen aus anderen Ingenieurwissenschaften - Schulungen zum wissenschaftlichen Arbeiten, zur Literaturrecherche, Literaturverwaltung und zu Zitierstandards
Verwendbarkeit	- Masterstudiengang Bauingenieurwesen - Masterstudiengang Umweltingenieurwesen
Lernziele	Die Studierenden können bauphysikalische Entwürfe für Gebäude in unterschiedlichen Klimazonen erarbeiten und berücksichtigen dabei die Anforderungen an die thermische Behaglichkeit und Energieeffizienz. Sie beherrschen Wärmetransportberechnungen und wenden thermische Gebäudesimulationen an.
Kenntnisse	- Energieeffiziente Bauweisen für unterschiedliche Klimazonen kennen - Berechnungsverfahren für die stationäre und instationäre Wärmeleitung kennen und anwenden - Behaglichkeitsmodelle kennen und anwenden
Fertigkeiten	- Berechnung dynamisch-thermischer Kenngrößen - Finite-Differenzen-Modelle für die Wärmeleitung in Matlab/Python erstellen und lösen - Bauphysikalische Simulationssoftware kennen und anwenden können
Kompetenzen	- Energiekonzepte für Gebäude erarbeiten und bewerten (Fokus Sommer) - Geeignete Simulationssoftware auswählen, anwenden und Simulationsergebnisse kritisch bewerten - Umfangreiche Projektarbeit erstellen und präsentieren
Inhalt	- Energieeffiziente Gebäude in unterschiedlichen Klimazonen - Fourierrechnungen, analytische Lösungen (gedämpfte Schwingung, Temperatursprung, periodische Anregung), instationäre Kenngrößen (Admittanz, Phasenverschiebung, wirksame Wärmekapazität) - Numerische Lösungen für den mehrdimensionalen, stationären Wärmetransport und den eindimensionalen, instationären Wärmetransport - Optische Eigenschaften von Verglasungen (Lichttransmission, Energiedurchlass, g-Werte, BSDF), Fensterberechnungen - Software für die thermische Gebäudesimulation (EnergyPlus) - Vorstellung weiterer Simulationsmethoden in der thermischen Bauphysik (hygrothermische Simulation, Strömungssimulation, Tageslichtsimulation)
Lehr- und Lernformen	Vorlesung mit integrierten Übungen, Seminar
Prüfung mit Elementen	- Portfolioprüfung - Prüfungselemente: Programm schreiben in Matlab oder Python (25%), Referat (25%), Projektarbeit Thermische Gebäudesimulation in EnergyPlus (50%), Lernprozess-Reflektion, Kolloquium
Medien / Lehrmaterialien	Tafel, Beamer
Literatur	- EnergyPlus Documentation - Engineering Reference - Wagner, A.; Höfker, G.; Lützkendorf, T.; Moosmann, C.; Schakib-Ekbatan, K.; Schweiker, M. (2015): Nutzerzufriedenheit in Bürogebäuden - Empfehlungen für Planung und Betrieb. Stuttgart: Fraunhofer IRB-Verlag - Baehr, H.D.; Stephan, K. (2019): Wärme- und Stoffübertragung. 10. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer Vieweg - DIN EN ISO 13786, DIN EN ISO 7730, DIN EN 15251, DIN EN 410, DIN 4108-2, VDI 6020, DIN EN ISO 13791, DIN EN ISO 13792

## 1.5 Modul Raumakustik

Modulbezeichnung	<b>Raumakustik</b>
Code	M1-Raumak
Dauer / Turnus	Ein Semester / Jährlich im Wintersemester
Verantwortlich	Prof. Dr. Gerrit Höfker
Dozentinnen / Dozenten	Prof. Dr. Gerrit Höfker
Sprache	Deutsch
Arbeitsaufwand	150 Stunden (45h Vorlesung, 15h Übung, 90h Eigenständiges Arbeiten)
Leistungspunkte / SWS	5 Leistungspunkte / 4 SWS
Voraussetzungen	Nach aktueller Prüfungsordnung
Voraussetzungen empfohlen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bauphysik 1 – Grundlagen Schall, Wärme, Feuchte</li> <li>- Alternativ: Akustikgrundlagen aus anderen Ingenieurwissenschaften oder der Physik</li> <li>- Schulungen zum wissenschaftlichen Arbeiten, zur Literaturrecherche, Literaturverwaltung und zu Zitierstandards</li> </ul>
Verwendbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masterstudiengang Bauingenieurwesen</li> <li>- Masterstudiengang Umweltingenieurwesen</li> </ul>
Lernziele	Die Studierenden können Schallabsorber und Schallreflektoren entwerfen und raumakustisch anspruchsvolle Räume planen. Sie wenden dabei aktuelle Berechnungsverfahren und Computersimulationen an. Sie kennen überdies unterschiedliche raumakustische Messverfahren.
Kenntnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wissenschaftliche Grundlagen der Raumakustik</li> <li>- Best-Practice-Beispiele kennen</li> <li>- Messmethoden kennen</li> <li>- Berechnungsverfahren kennen</li> </ul>
Fertigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eigenschaften von Schallabsorbern und -reflektoren berechnen</li> <li>- Raumakustische Anforderungen ermitteln</li> <li>- Raumakustische Messungen durchführen können</li> <li>- Raumakustische Simulationen durchführen können</li> </ul>
Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Raumakustische Konzepte erarbeiten und bewerten</li> <li>- Raumakustische Entwürfe erarbeiten</li> <li>- Geeignete Planungswerkzeuge wählen und anwenden</li> <li>- Raumakustische Messungen durchführen, Messbericht erstellen und bauliche Maßnahmen ableiten</li> <li>- Umfangreiche Projektarbeit erstellen und präsentieren</li> </ul>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hören</li> <li>- Wellengleichung, Schallfeldgrößen, Impedanzen, Schallabsorber, Reflektoren und Diffusoren, Nachhallzeiten, Messverfahren</li> <li>- Raumgeometrien, Impulsantworten, raumakustische Parameter (Deutlichkeitsgrad, Klarheitsmaß, STI), Messverfahren</li> <li>- Raumakustische Anforderungen (Besprechungsraum, Großraumbüro, Tonstudio, Konzertsaal, etc.)</li> <li>- Rechenverfahren für einfache Räume, Computersimulationen (Ray-Tracing) für anspruchsvolle Räume</li> <li>- Anwendungsbeispiele für numerische Berechnungen</li> <li>- Exkursionen</li> </ul>
Lehr- und Lernformen	Vorlesung mit integrierten Übungen
Prüfung	Hausarbeit mit Kolloquium
Medien / Lehrmaterialien	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tafel</li> <li>- Beamer</li> </ul>
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Höfker, G. (2022): Schall. In: Willems, W. (Hrsg.): Lehrbuch der Bauphysik. 9. Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg</li> <li>- Müller, G.; Möser, M. (2004): Taschenbuch der Technischen Akustik. 3. Auflage. Berlin: Springer-Verlag</li> <li>- Vorländer, M. (2008): Auralization – Fundamentals of Acoustics, Modelling, Simulation, Algorithm and Acoustic Virtual Reality. Berlin: Springer-Verlag</li> <li>- DIN 18041, VDI 2569, DIN EN ISO 354, DIN EN ISO 3382, ISO 17497</li> </ul>

## 1.6 Modul Digitale Systeme des Energie- und Quartiersmanagements

Modulbezeichnung	<b>Digitale Systeme des Energie- und Quartiersmanagements</b>
Code	M1-DigQua
Dauer / Turnus	Ein Semester / Jährlich im Wintersemester
Verantwortlich	Prof. Dr. Michael Rath
Dozentinnen / Dozenten	Prof. Dr. Michael Rath
Sprache	Deutsch
Arbeitsaufwand	150 Stunden (15h Vorlesung, 15h Übung, 30h Seminar, 90h Eigenständiges Arbeiten)
Leistungspunkte / SWS	5 Leistungspunkte / 4 SWS
Voraussetzungen	Nach aktueller Prüfungsordnung
Voraussetzungen empfohlen	
Verwendbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masterstudiengang Bauingenieurwesen</li> <li>- Masterstudiengang Umweltingenieurwesen</li> </ul>
Lernziele	<p>Die Studierenden kennen Anforderungen an digitale Systeme des Energie- Quartiersmanagement und können Empfehlungen für deren Implementierung und Umsetzung geben. Sie kennen die unterschiedlichem Akteure und Schnittstellen in Stadtquartieren, und können Ausschreibende, Anwender und Anbieter urbaner Quartiersprojekte zum geordnetes Zusammenspiel der digitalen Systeme des Quartiersmanagements beraten.</p>
Kenntnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kontext und Grundlagen des digitalen Quartiersmanagements kennen</li> <li>- Anforderungen bzgl. Datenschutz, Datensicherheit und Datenhoheit kennen</li> <li>- Technisches Energiemanagement und Energiemanagement nach DIN EN ISO 50001:2018 verstehen</li> <li>- Strukturen der Gebäudeautomation kennen</li> <li>- Komponenten der Gebäudeautomation wie Anlagen, MSR, Bussysteme, Automation, Management kennen und erklären können</li> </ul>
Fertigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufbau und Funktion prognosebasierter Steuerungen erläutern können</li> <li>- Lastprognosen mit Scikit-Learn durchführen können</li> </ul>
Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einordnung von mit Machine Learning Algorithmen erstellten Lastprognosen</li> <li>- Abstimmungsbedarf mit anderen Fachplanerinnen und Fachplanern erkennen</li> <li>- Umfangreiche Projektarbeit erstellen und präsentieren</li> </ul>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kontext und Grundlagen des digitalen Quartiersmanagements, Anforderungen, Daten, Datenschutz, Datensicherheit und Datenhoheit</li> <li>- Lebenszyklusphasen von Quartieren – Konzeptionsphase, Planungsphase, Errichtungsphase, Bestandsphase und Modernisierungsphase</li> <li>- Anwendungsbeispiele in den Bereichen IT-Technik/technische Komponenten/technologische Themen, Mobilität, Energie und Gebäude, Wasser, Stadtplanung und Soziales</li> <li>- Rollen und Verantwortlichkeiten</li> <li>- Organisation und Steuerung</li> <li>- Betreiber und Geschäftsmodelle</li> <li>- Technische Architektur/digitale Infrastruktur</li> <li>- Datenmodelle/Datenmanagement</li> <li>- Die Rolle von Key Performance Indicators (KPIs) in digitalen Systemen des Quartiersmanagements</li> </ul>
Lehr- und Lernformen	Vorlesung, Übung, Seminar, Fachvorträge/Exkursionen
Prüfung mit Elementen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Portfolioprüfung</li> <li>- Elemente: Fallstudienbearbeitung [40 %], Referat [40 %], Lösen von Aufgaben [20 %] + Lernprozess-Reflektion [unbewertet]/Resümees</li> </ul>
Medien / Lehrmaterialien	Beamer
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Heuser, L. et al. (2022). DIN SPEC 91397:2022-03 - Leitfaden für die Implementierung von digitalen Systemen des Quartiersmanagements. <a href="https://dx.doi.org/10.31030/3332314">https://dx.doi.org/10.31030/3332314</a></li> <li>- Beuker S., et al. (2021). Synthesebericht Flexibilität, Markt und Regulierung.</li> <li>- DIN EN ISO 50001:2018-12</li> </ul>

## 1.7 Modul Geothermische Systeme für den Bestand – Innovation in Forschung und Praxis

Modulbezeichnung	<b>Geothermische Systeme für den Bestand – Innovation in Forschung und Praxis</b>
Code	M1-GeoBes
Dauer / Turnus	Ein Semester / Jährlich im Wintersemester
Verantwortlich	Prof. Dr. Michael Rath
Dozentinnen / Dozenten	Prof. Dr. Michael Rath, Lehrbeauftragte
Sprache	Deutsch
Arbeitsaufwand	150 Stunden (30h Vorlesung, 15h Übung, 105h Eigenständiges Arbeiten)
Leistungspunkte / SWS	5 Leistungspunkte / 3 SWS
Voraussetzungen	Nach aktueller Prüfungsordnung
Voraussetzungen empfohlen	
Verwendbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masterstudiengang Bauingenieurwesen</li> <li>- Masterstudiengang Umweltingenieurwesen</li> </ul>
Lernziele	<p>Die Studierenden wissen, wie Erdwärmepumpen zum Heizen und Kühlen sowie Speicherung in komplexen, innovativen und kombinierten Systemen eingesetzt werden können. Sie können große interdisziplinäre Systeme im Bestand planen und steuern und entscheiden, welche Auslegungstechnik und Software für einen bestimmten Standort und ein bestimmtes Projekt erforderlich sind. Die Studierenden wissen, wie In situ Messverfahren die Qualität des Planungsprozesses verbessern und können die Messdaten der Tests interpretieren. Das erworbene Grundlagenwissen können sie selbständig auf innovative Systeme übertragen und anwenden.</p> <p><b>Kenntnisse</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Detailliertes Funktionsprinzip von Erdwärmepumpen und HLK-Anlagen</li> <li>- Teile eines oberflächennahen Systems einschließlich BHE und Anschluss an das Bestandsgebäude sowie Kombination mit weiteren Energiesystemen</li> <li>- Investitions- und Betriebskosten im Zusammenspiel Gebäudehülle und Anlagentechnik, Genehmigungsrechtliche und förderpolitische Aspekte</li> <li>- Thermophysikalische Eigenschaften der Gebäudehülle, des Bodens</li> <li>- Geologische und hydrogeologische Grundkenntnisse</li> </ul> <p><b>Fertigkeiten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eingaben zur Modellierung mittels analytischer und numerischer Programme</li> <li>- Dimensionierung oberflächennaher geothermischer Systeme für den Bestand (&gt; 30 kW)</li> <li>- Verwendung von analytischer und numerischer Simulationssoftware zur Dimensionierung von BHE</li> <li>- Durchführung und Auswertung von Geothermal Response Tests (GRT) und eGRT</li> </ul> <p><b>Kompetenzen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Auswahl eines geeigneten geothermischen Systems (geschlossene, offene Systeme) für Bestandsimmobilien an einem bestimmten Standort</li> <li>- Auswahl einer geeigneten Entwurfsmethode für ein bestimmtes Projekt</li> <li>- Verständnis der Vorteile und Grenzen verschiedener Simulationsansätze</li> <li>- Kritische Bewertung der Simulationsergebnisse</li> </ul>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wärmepumpen: Detailliertes Funktionsprinzip, Typen, Anwendungen</li> <li>- Innovative oberflächennahe Erschließungssysteme (GeoStar) für den Bestand in Technik, Design und Dimensionierung</li> <li>- Übertragung von Planungsgrundsätzen (-grundlagen) auf innovative Systeme</li> <li>- Berechnungsmethoden der Simulationssoftware (analytisch, numerisch)</li> <li>- Anwendungsbereich und Grenzen von Simulationsansätzen, Interpretation und Bewertung von Simulationsergebnissen</li> <li>- Planung großer oberflächennaher geotherm. Systeme (&gt; 30 kW) für den Bestand in Kombination mit weiteren (Spitzenlast)Erzeugern, Abwärme, Speicherung</li> <li>- Systemoptimierung (Heizen, Kühlen, Speichern) mittels MSR</li> <li>- Bedeutung von GRT/eGRT für das Design von BHE; Interpretation der Daten</li> </ul>
Lehr- und Lernformen	Vorlesung mit integrierten Übungen am Computer und an Laborständen, Besichtigungen (Geothermische Anlagen und Heizungsanlagen, Bohrplatz), Fachvorträge
Prüfung mit Elementen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Portfolioprüfung</li> <li>- Elemente: Referat [33,3 %], Lösen von Aufgaben [33,3 %], schriftlicher Test/Online Test [33,3 %] + Lernprozess-Reflektion [unbewertet]/Resümee</li> </ul>
Medien / Lehrmaterialien	Beamer, White Board / Skript, Links, Videos, Fachvorträge/Exkursionen
Literatur	VDI 4640: Thermische Nutzung des Untergrunds

## 1.8 Modul Ingenieurwissenschaftliche Messtechnik

Modulbezeichnung	<b>Ingenieurwissenschaftliche Messtechnik</b>
Code	M1-Mess
Dauer / Turnus	Ein Semester / Jährlich im Wintersemester
Verantwortlich	Professorinnen und Professoren mit Labor
Dozentinnen / Dozenten	Beteiligte Professorinnen und Professoren mit Labor
Sprache	Deutsch / Englisch
Arbeitsaufwand	150 Stunden (45h Praktikum, 105h Eigenständiges Arbeiten)
Leistungspunkte / SWS	5 Leistungspunkte / 3 SWS
Voraussetzungen	Nach aktueller Prüfungsordnung
Voraussetzungen empfohlen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Laborpraktikum</li> <li>- Passendes Grundlagenmodul zum gewählten Labor</li> </ul>
Verwendbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masterstudiengang Bauingenieurwesen</li> <li>- Masterstudiengang Umweltingenieurwesen</li> </ul>
Lernziele	<p>Die Studierenden können eigenständig Versuche in den gewählten Laboren durchführen und die Messungen mit statistischen Verfahren auswerten und beurteilen. Sie kennen grundlegende und vertiefende Experimente der jeweiligen Fachrichtung und können detaillierte Prüfberichte erstellen.</p>
Kenntnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prüfnormen der jeweiligen Fachrichtung</li> <li>- Versuchsaufbauten der jeweiligen Fachrichtung</li> </ul>
Fertigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Auswertung von Messergebnissen in Tabellenkalkulationsprogrammen</li> <li>- Auswertung von Messergebnissen in Matlab</li> <li>- Versuche aufbauen</li> <li>- Versuche durchführen</li> <li>- Ergebnisse dokumentieren</li> </ul>
Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eigenständige Einarbeitung in Messvorschriften</li> <li>- Recherche von Prüfnormen</li> <li>- Auswahl geeigneter Auswerteverfahren</li> <li>- Interpretation der Messergebnisse</li> <li>- Erstellung von Prüfberichten</li> </ul>
Inhalt	Prüfnormen der jeweiligen Fachgebiete
Lehr- und Lernformen	Vorlesung, Übungen mit Datenanalysesoftware, Praktikum
Prüfung	Laborbericht
Medien / Lehrmaterialien	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tafel</li> <li>- Beamer</li> </ul>
Literatur	Entsprechende Prüfnormen, GUM

## 1.9 Modul Ingenieurmethoden der Brandschutzplanung

Modulbezeichnung Code	<b>Ingenieurmethoden der Brandschutzplanung</b> M1-Brand
Dauer / Turnus	Ein Semester / Jährlich im Wintersemester
Verantwortlich	Prof. Dr. Gerrit Höfker
Dozentinnen / Dozenten	Dr. Manuel Kitzlinger
Sprache	Deutsch
Arbeitsaufwand	150 Stunden (30h Vorlesung, 30h Übung, 90h Eigenständiges Arbeiten)
Leistungspunkte / SWS	5 Leistungspunkte / 4 SWS
Voraussetzungen	Nach aktueller Prüfungsordnung
Voraussetzungen empfohlen	Brandschutz
Verwendbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masterstudiengang Bauingenieurwesen</li> <li>- Masterstudiengang Umweltingenieurwesen</li> </ul>
Lernziele	<p>Die Studierenden können Abweichungen von bauordnungsrechtlichen Vorschriften erkennen und entsprechende Nachweisverfahren auswählen. Sie erlangen die Fähigkeit Brandschutzingenieurmethoden schutzzielorientiert auf Grundlage von Szenarienbetrachtungen und zugehöriger Risikobeurteilung anzuwenden. Ferner können sie über die Modellanwendung entscheiden und sich die Anwendung von Simulationsmodellen aneignen.</p>
Kenntnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundlagen des rechnerischen Nachweisverfahrens nach DIN 18230 im Industriebau</li> <li>- Nachweisverfahren im Brandschutzingenieurwesen nach DIN 18009</li> <li>- Brandeinwirkungen auf Tragwerke nach DIN EN 1991-1-2</li> <li>- Brandschutztechnische Regelungen in bauordnungsrechtlichen Vorschriften</li> <li>- Verfahren zur Identifizierung und Auswahl von Brand- und Räumungsszenarien</li> <li>- Brandsimulationsmodelle</li> <li>- Modelle zur Räumungssimulation</li> </ul>
Fertigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Durchführung qualitativer Entwurfsanalysen und Abweichungen erkennen</li> <li>- Anwendung von Risikomethoden zur Auswahl von Szenarien</li> <li>- Bedienung des Brandsimulationsmodells FDS</li> <li>- Durchführung von makroskopischen Räumungsberechnungen</li> </ul>
Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entscheidung über die Anwendung von ingenieurtechnischen Nachweisen im Brandschutzingenieurwesen</li> <li>- Auswahl von Simulationsmodellen</li> <li>- Festlegung von Bemessungsszenarien</li> <li>- Interpretation von Simulationsergebnissen mit Bezug auf Schutz- und Nachweisziele</li> </ul>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführung Brandschutzplanung und Überblick Nachweise Brandschutzingenieurwesen DIN 18009-1</li> <li>- Industriebau, Rechenverfahren nach DIN 18230</li> <li>- Brand- und Räumungsszenarien, Risikomethoden, Zuverlässigkeitstheorie</li> <li>- Einführung in die Heißbemessung, Einwirkungen nach Eurocode 1</li> <li>- Bemessungsbrände und Brandsimulation</li> <li>- Räumungssimulation</li> </ul>
Lehr- und Lernformen	Vorlesung mit Übungen und Hausübungen
Prüfung	Mündliche Prüfung
Medien / Lehrmaterialien	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beamer</li> <li>- Tafel</li> </ul>
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hosser, D. (Hrsg.): Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes (TB 04/01 3. Auflage). Altenberge: Technisch-Wissenschaftlicher Beirat (TWB) der vfdb e.V., 2013</li> <li>- DIN 18009-1: Brandschutzingenieurwesen – Teil 1: Grundsätze und Regeln für die Anwendung</li> <li>- Musterbauordnung, Muster-Industriebaurichtlinie, Musterverordnungen</li> <li>- DIN 18230-1: Baulicher Brandschutz im Industriebau – Teil 1: Rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer</li> </ul>

## 1.10 Modul Wassermengenwirtschaft und Hydrometrie

Modulbezeichnung Code	<b>Wassermengenwirtschaft und Hydrometrie</b> M1-WaMeHy
Dauer / Turnus	Ein Semester / Jährlich im Wintersemester
Verantwortlich	Prof. Dr.-Ing. Christoph Mudersbach
Dozentinnen / Dozenten	- Prof. Dr.-Ing. Christoph Mudersbach - Und Lehrbeauftragte
Sprache	Deutsch
Arbeitsaufwand	150 Stunden (30h Vorlesung, 15h Übung, 15h Praktikum, 90h Eigenständiges Arbeiten)
Leistungspunkte / SWS	5 Leistungspunkte / 4 SWS
Voraussetzungen	Nach aktueller Prüfungsordnung
Voraussetzungen empfohlen	Vertiefte Kenntnisse in Wasserbau, Ingenieurhydrologie und technischer Hydromechanik
Verwendbarkeit	- Masterstudiengang Bauingenieurwesen - Masterstudiengang Umweltingenieurwesen
Lernziele	<p>Die Studierenden erlangen Fertigkeiten in der Planung eines nachhaltigen Wassermengenmanagements. Dies beinhaltet die Kenntnisse der Steuerung und Planung von Wasserspeichersystemen (z.B. Talsperren) im Hinblick auf das Hoch- und Niedrigwassermanagement. Die Studierenden kennen die hydrologischen und hydromechanischen Grundlagen von wasserwirtschaftlichen Speichersystemen und können die Abflussganglinie (Retention) aus ungesteuerten und gesteuerten Becken mittels der allgemeinen Speichergleichung berechnen. Sie kennen die Aufgaben von Wasserverbänden und können sich mit Argumenten und Anforderungen der unterschiedlichen Akteure in der Wasserwirtschaft kritisch auseinandersetzen. Die Studierenden kennen die unterschiedlichen Messmethoden der quantitativen Wasserwirtschaft und haben den Umgang mit typischen Messinstrumenten geübt.</p> <p><b>Kenntnisse</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundlagen wasserwirtschaftlicher Speichersysteme</li> <li>- Ungesteuerte und gesteuerte Becken</li> <li>- Allgemeine Speichergleichung</li> <li>- Deterministische Speicherbemessung</li> <li>- Stochastische Speicherbemessung</li> </ul> <p><b>Fertigkeiten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Studierende können Bemessungen von wasserwirtschaftlichen Speichern vornehmen und die Ergebnisse bewerten</li> <li>- Speichersysteme können hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Gewässer bewertet werden</li> </ul> <p><b>Kompetenzen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Studierende können für komplexe Probleme der Wasserspeicherung Lösungen erarbeiten</li> <li>- Die Analysen können Abflussmessungen durchführen und aus den Ergebnissen Wasserstands-Abflussbeziehungen ableiten</li> </ul>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundlagen wasserwirtschaftlicher Speichersysteme</li> <li>- Ungesteuerte und gesteuerte Becken</li> <li>- Allgemeine Speichergleichung</li> <li>- Deterministische Speicherbemessung</li> <li>- Stochastische Speicherbemessung</li> <li>- Operative Wassermengenwirtschaft bei Wasserverbänden</li> <li>- Grundlagen von Abflussmesssystemen</li> <li>- Übungen zur deterministischen und stochastischen Speicherbemessung</li> <li>- Praktikum zu Abflussmessungen</li> </ul>
Lehr- und Lernformen	In der Vorlesung werden mit Beamer und Tafelbild die theoretischen Inhalte vermittelt und anhand von Beispielen veranschaulicht. In Übungen und Praktika werden die Inhalte vertieft.
Prüfung	Hausarbeit mit Kolloquium
Medien / Lehrmaterialien	- Tafel - Beamer - Skript
Literatur	Siehe Empfehlungen in der Vorlesung

## 1.11 Modul Numerische Methoden im Wasserbau

Modulbezeichnung	<b>Numerische Methoden im Wasserbau</b>
Code	M1-NumWB
Dauer / Turnus	Ein Semester / Jährlich im Sommersemester
Verantwortlich	Prof. Dr.-Ing. Christoph Mudersbach
Dozentinnen / Dozenten	- Prof. Dr.-Ing. Christoph Mudersbach - Fabian Netzel, M.Sc.
Sprache	Deutsch
Arbeitsaufwand	150 Stunden (30h Vorlesung, 30h Übung, 90h Eigenständiges Arbeiten)
Leistungspunkte / SWS	5 Leistungspunkte / 4 SWS
Voraussetzungen	Nach aktueller Prüfungsordnung
Voraussetzungen empfohlen	Vertiefte Kenntnisse in Ingenieurhydrologie, Technischer Hydromechanik und Wasserbau
Verwendbarkeit	- Masterstudiengang Bauingenieurwesen - Masterstudiengang Umweltingenieurwesen
Lernziele	Die Studierenden kennen die theoretischen Grundlagen der numerischen Modellierung in der Wasserwirtschaft. Sie können die unterschiedlichen Modelltypen beschreiben und für Planungsaufgaben den jeweils passenden Modelltyp auswählen. Die Studierenden erkennen die Grenzen einer numerischen Modellierung und können die erzielten Ergebnisse einer Plausibilitätskontrolle unterziehen und bewerten. Die Studierenden haben anhand von praktischen Übungen eigene Erfahrungen mit konzeptionellen N-A-Modellen, sowie mit 1D- und 2D-hydrodynamisch-numerischen Modellen gesammelt und können diese anwenden. Zusätzlich werden Anwendungen von numerischen Modellen im Rahmen von Hochwasserrisikoanalysen besprochen.
Kenntnisse	- Kenntnisse mathematisch-physikalischen Grundlagen zur hydrodynamisch-numerischen Simulation - Sie können die Schritte Validierung, Kalibrierung, Verifizierung unterscheiden - Kenntnisse in der numerischen Simulation von Niederschlag-Abfluss-Prozessen - Kenntnisse in der numerischen Simulation von Abflussvorgängen (1D, 2D)
Fertigkeiten	- Studierende können numerische Modelle für hydrologische und hydraulische Fragestellungen einsetzen - Sie sind in der Lage, die Güte und Validität der Modelle zu bewerten
Kompetenzen	- Die Studierenden sind in der Lage komplexe hydrologische und hydraulische Sachverhalte mittels numerischer Modell zu lösen
Inhalt	- Mathematisch-physikalische Grundlagen der numerischen Modellierung - Grundlagen der numerischen Lösung von Differentialgleichungen - Schritte einer numerischen Modellierung: Validierung, Kalibrierung, Verifizierung - Datengrundlagen für numerische Modelle - Übung mit N-A-Modell: HEC-HMS - Übung zu 1D-hydrodynamisch-numerischen Modellen: HEC-RAS - Übung zu 2D-hydrodynamisch-numerischen Modellen: Hydro_AS-2D
Lehr- und Lernformen	In der Vorlesung werden mit Beamer und Tafelbild die theoretischen Inhalte vermittelt und anhand von Beispielen veranschaulicht. In PC-Übungen werden die Modelle angewendet.
Prüfung	Mündliche Prüfung
Medien / Lehrmaterialien	- Tafel - Beamer
Literatur	Siehe Empfehlungen in der Vorlesung



## 1.12 Modul Wassersensible Stadt- und Straßenplanung

Modulbezeichnung Code	<b>Wassersensible Stadt- und Straßenplanung</b> M1-WSS
Dauer / Turnus	Ein Semester / Jährlich im Sommersemester
Verantwortlich	Prof. Dr. Gerrit Höfker
Dozentinnen / Dozenten	- Prof. Dr.-Ing. Mudersbach, Prof. Dr.-Ing. Nolting, Prof. Dr.-Ing. Kazner - Prof. Dr.-Ing. Seipel, Prof. Dr.-Ing. Mühlenbruch, Prof. Dr. Höfker
Sprache	Deutsch
Arbeitsaufwand	150 Stunden (60h Vorlesung, 90h Eigenständiges Arbeiten)
Leistungspunkte / SWS	5 Leistungspunkte / 4 SWS
Voraussetzungen	Nach aktueller Prüfungsordnung
Voraussetzungen empfohlen	Keine
Verwendbarkeit	- Masterstudiengang Bauingenieurwesen - Masterstudiengang Umweltingenieurwesen
Lernziele	Studierende werden in die Lage versetzt, Konzepte und Maßnahmen im Bereich der wassersensiblen Stadt- und Straßenplanung zu entwickeln und hinsichtlich ihrer Wirksamkeit und Übertragbarkeit beurteilen zu können.
Kenntnisse	- Grundlagen Klimawandel und Klimaanpassung - Gesamtstädtische Konzepte, Leitfäden und innovative Ansätze zur wassersensiblen Stadtplanung, Wassermanagement, thermische Belastung in der Stadt - Grundlagen aus den Regelwerken und Gesetzen zur Entwässerung von Straßen - Kanalnetzberechnungen
Fertigkeiten	- Kanalnetzberechnungen durchführen - Kanalnetzberechnungen mit Aussagen zu potentiellen Überflutungen erstellen - Konzepte zur Straßenentwässerung erstellen - Klimaanpassungsmaßnahmen in den Themenfeldern thermische Belastung und Starkregenereignissen bzw. Überflutungsrisiko verstehen, ermitteln und beurteilen
Kompetenzen	- Konzepte zur wassersensiblen Stadt erstellen und argumentativ vertreten - Kreative Lösungen in interdisziplinärer Zusammenarbeit finden - Konzepte zur Klimaanpassung kennen, entwickeln, Wirksamkeit und Übertragbarkeit einschätzen und bewerten
Inhalt	- Klimawandel und Klimaanpassung - Umgang mit Wasserknappheit, Nachhaltiges Wassermanagement in der Stadt - Niederschlagsstatistik und Hochwasser in der Stadt, Überflutungsgefährdungskarten - Starkregen, Entwässerung - Entwässerung von Stadtstraßen - Klimaanpassung in der Raum- und Stadtplanung - Bauphysikalische Aspekte der klimaangepassten Stadt
Lehr- und Lernformen	Vorlesung mit Wechsel zwischen Vortrag (Tafelanschrieb und Beamer) und aktivierenden Elementen (Diskussionen, Aufgaben, Referate).
Prüfung	Klausur (120 Minuten)
Medien / Lehrmaterialien	- Beamer - Tafel
Literatur	- FGSV-Regelwerke: RAL, RAA, RAS, EAÖ, RIN, ERA, E Klima, REWS - DIN EN 752, DWA-A 100, DWA-A 118, DWA-A 531, DWA-M 119, DWA-M 609-1, DWA-M 609-2 - VDI-Richtlinie 3787 - Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW (2011): Handbuch Stadtklima

## 1.13 Modul Sanierung von siedlungswasserwirtschaftlichen Leitungsnetzen

Modulbezeichnung	<b>Sanierung von siedlungswasserwirtschaftlichen Leitungsnetzen</b>
Code	M2-SanLei
Dauer / Turnus	Ein Semester / Jährlich im Wintersemester
Verantwortlich	Prof. Dr.-Ing. Nolting
Dozentinnen / Dozenten	- Prof. Dr.-Ing. Nolting - Dipl.-Ing. Most
Sprache	Deutsch
Arbeitsaufwand	150 Stunden (30h Vorlesung, 30h Praktikum, 90h Eigenständiges Arbeiten)
Leistungspunkte / SWS	5 Leistungspunkte / 4 SWS
Voraussetzungen	Nach aktueller Prüfungsordnung
Voraussetzungen empfohlen	Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft
Verwendbarkeit	- Masterstudiengang Bauingenieurwesen - Masterstudiengang Umweltingenieurwesen
Lernziele	Erwerb und Anwendung von Fähigkeiten zur Durchführung von Sanierungsplanungen für Wasserversorgungs- und Kanalnetze
Kenntnisse	- Planungsdaten ermitteln (hydraulischer Zustand, baulicher Zustand) - Verfahren zur Sanierung von Rohrleitungssystemen - Methoden zur Sanierungsplanung - Aufstellung von Sanierungskonzepten unter baulichen, ökologischen und wirtschaftlichen Aspekten - Bemessung von Versickerungsanlagen und Regenrückhaltebecken
Fertigkeiten	- Entwickeln von Konzepten zur Sanierungsplanung - Kritische Beurteilung von Sanierungsvarianten / Variantenauswahl - Befähigung zur Erstellung von ingenieurmäßigen Ausarbeitungen - Befähigung zur Nutzung anspruchsvoller Software zur Sanierungsplanung (Tiffany)
Kompetenzen	- Befähigung zur Präsentation der Ergebnisse - Verantwortliche Bearbeitung von Sanierungsprojekten - Planung unter ökologischen, baulichen und wirtschaftlichen Aspekten - Präsentation und Diskussion von Planungsergebnissen
Inhalt	- Zustand der Leitungsnetze - Schadensanalyse und Schadensklassifizierung - Methoden zur Zustandsbeschreibung und -bewertung - Sanierungsverfahren - Sanierungsplanung - Qualitätsprüfungen - Bauausführung
Lehr- und Lernformen	Vorlesung, Übung, eigenständige Projektarbeit, Nutzung spezifischer Software (Tiffany), arbeiten mit umfassendem e-learning Angebot (UNITRACC)
Prüfung	Hausarbeit mit Kolloquium
Medien / Lehrmaterialien	Skripte zu Vorlesung und Übung, Softwareprogramm Tiffany, e-learning-plattform UNITRACC
Literatur	- DWA Arbeitsblätter - Dietrich Stein ' Instandhaltung von Kanalisationen', Stein und Partner, Bochum

## 1.14 Modul Ausgewählte Kapitel der Umwelttechnik

Modulbezeichnung	<b>Ausgewählte Kapitel der Umwelttechnik</b>
Code	M1-AKapUT
Dauer / Turnus	Ein Semester / Jährlich im Wintersemester
Verantwortlich	Prof. Dr. Peter Hense
Dozentinnen / Dozenten	Prof. Dr. Peter Hense
Sprache	Deutsch
Arbeitsaufwand	150 Stunden (45h Seminar, 105h Eigenständiges Arbeiten)
Leistungspunkte / SWS	5 Leistungspunkte / 3 SWS
Voraussetzungen	Nach aktueller Prüfungsordnung
Voraussetzungen empfohlen	
Verwendbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masterstudiengang Bauingenieurwesen</li> <li>- Masterstudiengang Umweltingenieurwesen</li> </ul>
Lernziele	Befähigung zur Ausarbeitung von Referaten und Präsentationen über aktuelle wissenschaftliche Themen aus dem Bereich der Umwelttechnik.
Kenntnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Durchführung von Recherchen zu wissenschaftlichen Themen</li> <li>- Erstellen wissenschaftlicher Ausarbeitungen</li> <li>- Erwerb von wissenschaftlichen Kenntnissen in einem ausgewählten Fachgebiet</li> </ul>
Fertigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Durchführung von Literaturrecherchen</li> <li>- Aufstellung von Ausarbeitungen zu aktuellen wissenschaftlichen Themen</li> <li>- Präsentation und Diskussion von Zwischen- und Endergebnissen</li> </ul>
Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erkennen von ganzheitlichen Zusammenhängen ausgewählter Gebiete der Umwelttechnik unter Berücksichtigung von Aspekten der Nachhaltigkeit.</li> </ul>
Inhalt	Aktuelle Themen aus dem Bereich der Abfall- und Wasseraufbereitung, Abwasserableitung, Abwasser-, Abgas- und Abluftreinigung, Ökologie und Nachhaltigkeit
Lehr- und Lernformen	Seminar, Gruppenarbeit, Präsentation von Zwischenergebnissen, Diskussion
Prüfung	Hausarbeit mit Kolloquium
Medien / Lehrmaterialien	Gruppendiskussionen, Beamer, Flipchart
Literatur	Nach den jeweils ausgewählten Themen

## 1.15 Modul Leit- und Informationssysteme

Modulbezeichnung	<b>Leit- und Informationssysteme</b>
Code	M1-LISYS
Dauer / Turnus	Ein Semester / Jährlich im Wintersemester
Verantwortlich	Prof. Dr.-Ing. Sebastian Seipel
Dozentinnen / Dozenten	Dipl.-Ing. Uwe Klar (Lehrbeauftragter)
Sprache	Deutsch
Arbeitsaufwand	150 Stunden (30h Vorlesung, 30h Übung, 90h Eigenständiges Arbeiten)
Leistungspunkte / SWS	5 Leistungspunkte / 4 SWS
Voraussetzungen	Nach aktueller Prüfungsordnung
Voraussetzungen empfohlen	Modul Verkehrssteuerung (B3-VSTEU)
Verwendbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masterstudiengang Bauingenieurwesen</li> <li>- Masterstudiengang Umweltingenieurwesen</li> </ul>
Lernziele	<p>Die Studierenden können Systeme zur Steuerung des motorisierten Individualverkehrs entwerfen. Sie beherrschen die Techniken zur Verkehrssteuerung und Verkehrsbeeinflussung.</p>
Kenntnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leitsysteme zur Betriebssteuerung im ÖPNV</li> <li>- Steuerungsverfahren im motorisierten Individualverkehr, verkehrsabhängige Steuerungen</li> <li>- Aktuelle und zukünftige Aspekte der Verkehrssteuerung und Verkehrsbeeinflussung</li> <li>- Software-Anwendungen zur Signalprogrammbildung und Verkehrsflusssimulation</li> </ul>
Fertigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verkehrsabhängige Steuerungsverfahren entwerfen und beurteilen</li> <li>- Nutzung anwendungsbezogener Software</li> </ul>
Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Steuerungsverfahren beurteilen</li> <li>- Ergebnisse präsentieren</li> </ul>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leitsysteme zur Betriebssteuerung im ÖV, Informationssysteme für den Fahrgast</li> <li>- Programmsysteme zur Signalprogrammbearbeitung</li> <li>- Aktuelle Themen der Verkehrssteuerung, zum Beispiel Mauterhebung, Wirkung von Geschwindigkeitswarnanlagen, Car2Car / Car2X-Kommunikation, autonomes Fahren</li> </ul>
Lehr- und Lernformen	Kombinierte Vorlesung und Übung: Vermittlung der notwendigen Lehrinhalte durch Präsentation, Tafelanschrieb, Fotos und Videos; vorgerechnete Übungen; durch die Studierenden eigenständig bearbeitete Übungsaufgaben; Diskussion von Beispielen aus der Praxis. Übungen: Anwendung aktueller Softwareanwendungen zu Signalprogrammsteuerungen. Exkursionen: Aufzeigen von Steuerungsverfahren im Betrieb.
Prüfung	Mündliche Prüfung
Medien / Lehrmaterialien	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tafel</li> <li>- Beamer</li> </ul>
Literatur	

## 1.16 Modul Straßenraumgestaltung im kommunalen Bestand

Modulbezeichnung	<b>Straßenraumgestaltung im kommunalen Bestand</b>
Code	M1-PLNBST
Dauer / Turnus	Ein Semester / Jährlich im Wintersemester
Verantwortlich	Prof. Dr.-Ing. Sebastian Seipel
Dozentinnen / Dozenten	Dipl.-Ing. Michael Vieten (Lehrbeauftragter)
Sprache	Deutsch
Arbeitsaufwand	150 Stunden (15h Vorlesung, 15h Übung, 120h Eigenständiges Arbeiten)
Leistungspunkte / SWS	5 Leistungspunkte / 2 SWS
Voraussetzungen	Nach aktueller Prüfungsordnung
Voraussetzungen empfohlen	Grundlagenkenntnisse im kommunalen Straßenentwurf, z. B. 'Planung und Entwurf von Verkehrsanlagen (Bachelor, 3. Sem.)', 'Verkehrssysteme und -konzepte (Bachelor, 5. Sem.)'
Verwendbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masterstudiengang Bauingenieurwesen</li> <li>- Masterstudiengang Umweltingenieurwesen</li> </ul>
Lernziele	<p>Eine große Herausforderung in der kommunalen Straßen- und Verkehrsplanung ist es, die verschiedenen, z. T. nicht kombinierbaren und sich ändernden Nutzungsansprüche an Straßenräume adäquat zu berücksichtigen. Dies zudem i. d. R. auf begrenzten und fest umbauten Flächen. Die typisierten und standardisierten Entwurfsempfehlungen relevanter Planungsrichtlinien können hier oft nicht eins zu eins umgesetzt werden. Das Ziel dieses Modul ist es, die Studierenden für diese Problematik zu sensibilisieren und ihnen Werkzeuge und erweiterte Praxiserfahrungen zu vermitteln, mit denen sie ihr erworbenes Grundlagenwissen zum Straßenentwurf erweitern und darüber hinaus in der Lage sind, auch in komplexen und nicht standardisierten Räumen funktionale und verkehrssichere Lösungen zu erarbeiten.</p> <p><b>Kenntnisse</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erweiterte Kenntnisse und Praxiswissen im Bereich der kommunalen Straßenraumgestaltung</li> </ul> <p><b>Fertigkeiten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Straßenräume im kommunalen Bestand funktional und verkehrssicher gestalten unter Berücksichtigung der vorherrschenden Rahmenbedingungen und Zwangspunkte</li> </ul> <p><b>Kompetenzen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Stadtstraßen im Hinblick auf die Funktionalität und Verkehrssicherheit beurteilen</li> <li>- Erarbeitete Kenntnisse in der Praxis anwenden</li> <li>- Visualisierung straßen- und verkehrsplanerischer Fragestellungen</li> </ul>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erweiterte Grundlagen der Straßenraumgestaltung</li> <li>- Erstellung von Vorentwürfen / Planungskonzepten</li> <li>- SWOT-Analyse von Straßenräumen</li> <li>- Umweltbelange in der kommunalen Straßenraumgestaltung</li> </ul>
Lehr- und Lernformen	Kombinierte Vorlesung und Übung: Vermittlung der notwendigen Lehrinhalte durch Präsentation, Tafelanschrieb, Fotos, Videos und digital bereitgestelltes Lehrmaterial; begleitete Übungen; durch die Studierenden eigenständig bearbeitete Übungsaufgaben; Diskussion von Beispielen aus der Praxis.
Prüfung	Entwurf mit Kolloquium
Medien / Lehrmaterialien	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tafel</li> <li>- Beamer</li> </ul>
Literatur	Relevante Richtlinien und Empfehlungen der Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen (FGSV), u. a. RAS, ERA, EFA.

## 1.17 Modul Verkehrssicherheit

Modulbezeichnung	<b>Verkehrssicherheit</b>
Code	M1-VSICH
Dauer / Turnus	Ein Semester / Jährlich im Wintersemester
Verantwortlich	Prof. Dr.-Ing. Sebastian Seipel
Dozentinnen / Dozenten	Prof. Dr.-Ing. Sebastian Seipel
Sprache	Deutsch
Arbeitsaufwand	150 Stunden (30h Vorlesung, 15h Übung, 105h Eigenständiges Arbeiten)
Leistungspunkte / SWS	5 Leistungspunkte / 3 SWS
Voraussetzungen	Nach aktueller Prüfungsordnung
Voraussetzungen empfohlen	Keine
Verwendbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masterstudiengang Bauingenieurwesen</li> <li>- Masterstudiengang Umweltingenieurwesen</li> </ul>
Lernziele	<p>Die Studierenden kennen die Grundlagen des Sicherheitsmanagements im Straßen- und Schienenverkehr. Sie sind in der Lage, Verkehrsanlagen hinsichtlich ihrer Verkehrssicherheit zu beurteilen.</p> <p style="text-align: right;">Kenntnisse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sicherheitsmanagement im Schienenverkehr</li> <li>- Sicherheitsmanagement der Straßenverkehrsinfrastruktur</li> <li>- Sicherheitsaudit von Straßen</li> <li>- Straßenverkehrsunfallgeschehen und -analysen</li> <li>- Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit</li> </ul> <p style="text-align: right;">Fertigkeiten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erstellung von Sicherheitsaudits von Straßen</li> <li>- Durchführung örtlicher Unfalluntersuchungen</li> <li>- Aufbereitung und Analyse von Unfalldaten</li> <li>- Ableiten von Handlungsempfehlungen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit</li> </ul> <p style="text-align: right;">Kompetenzen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verkehrssicherheit im Bestand beurteilen</li> <li>- Sicherheitsdefizite im Planungsprozess erkennen und beheben</li> <li>- Große Datenmengen aufbereiten und analysieren</li> </ul>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sicherheitsmanagement im Straßen- und Schienenverkehr</li> <li>- Örtliche Unfalluntersuchung</li> <li>- Unfallkenngößen</li> <li>- Sicherheitsaudit von Straßen</li> <li>- Analyse von Unfalldaten</li> <li>- Statistik von Straßenverkehrsunfällen, Unfallkenngößen</li> <li>- Komplexität von Verkehrsanlagen</li> </ul>
Lehr- und Lernformen	Kombinierte Vorlesung und Übung: Vermittlung der notwendigen Lehrinhalte durch Präsentation, Tafelanschrieb, Fotos und Videos; vorgerechnete Übungen; durch die Studierenden eigenständig bearbeitete Übungsaufgaben; Diskussion von Beispielen aus der Praxis.
Prüfung	Hausarbeit mit Kolloquium
Medien / Lehrmaterialien	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tafel</li> <li>- Beamer</li> <li>- Ergänzungsskript</li> </ul>
Literatur	

## 1.18 Modul Numerik partieller Differentialgleichungen

Modulbezeichnung	<b>Numerik partieller Differentialgleichungen</b>
Code	M1-NumPDE
Dauer / Turnus	Ein Semester / Jährlich im Wintersemester
Verantwortlich	Prof. Dr.-Ing. Matthias Baitsch
Dozentinnen / Dozenten	Prof. Dr.-Ing. Matthias Baitsch
Sprache	Deutsch / Englisch
Arbeitsaufwand	150 Stunden (45h Vorlesung, 15h Übung, 90h Eigenständiges Arbeiten)
Leistungspunkte / SWS	5 Leistungspunkte / 4 SWS
Voraussetzungen	Nach aktueller Prüfungsordnung
Voraussetzungen empfohlen	Kenntnisse der Analysis im $\mathbb{R}^n$
Verwendbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masterstudiengang Bauingenieurwesen</li> <li>- Masterstudiengang Umweltingenieurwesen</li> </ul>
Lernziele	<p>Die Studierenden verstehen die mathematischen Grundlagen der Finite-Elemente-Methode zur näherungsweise Lösung partieller Differentialgleichungen. Sie können die Methode in der Programmierumgebung Matlab für verschiedene Problemstellungen umsetzen und mit dem selbst entwickelten Programm Berechnungen durchführen. Sie kennen die Möglichkeiten und Grenzen FEM-basierter Simulationsrechnungen und können dadurch existierende Programme in der Praxis kompetent anwenden.</p>
Kenntnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Starke und schwache Formulierung von Randwertproblemen</li> <li>- Approximation von Funktionen mit geeigneten Basisfunktionen</li> <li>- Eigenschaften und Konvergenz der Näherungslösung</li> <li>- Fehlerquellen in FE-Berechnungen</li> </ul>
Fertigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Berechnungen mit FE-Programmen durchführen</li> <li>- Elementformulierungen herleiten und in Matlab implementieren</li> </ul>
Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gültigkeit mathematischer Modelle bewerten</li> <li>- Geeignete numerische Modelle für ingenieurpraktische Fragestellungen erstellen</li> <li>- Berechnungsergebnisse kritisch hinterfragen und dabei potentielle Fehlerquellen kennen und bewerten</li> <li>- An der Entwicklung von FE-Programmen mitarbeiten</li> </ul>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partielle Differentialgleichungen und Randwertprobleme</li> <li>- Schwache Form von Randwertproblemen: Testfunktionen, Linear- und Bilinearformen</li> <li>- Approximation von Funktionen mithilfe geeigneter Basisfunktionen</li> <li>- Überführung des Problems in ein lineares Gleichungssystem</li> <li>- Eigenschaften der Systemmatrix</li> <li>- Elementweise Integration</li> <li>- Elastizitätsprobleme (1D und 2D)</li> <li>- Stationäre Wärmeleitung</li> <li>- Akustische Wellenausbreitung</li> </ul>
Lehr- und Lernformen	Studierende erarbeiten sich Lehrinhalte mithilfe von Erklärvideos und schriftlichen Unterlagen selbständig, an der Hochschule werden in kleinen Gruppen Übungs- und Programmieraufgaben gelöst und Fragen diskutiert (Flipped-Classroom).
Prüfung	Portfolioprüfung
Medien / Lehrmaterialien	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beamer</li> <li>- Tafel</li> </ul>
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Johnson, C.: Numerical Solutions of Partial Differential Equations by the Finite Element Method, Dover</li> <li>- Fish, J. and Belytschko, T.: A First Course in Finite Elements, Wiley</li> </ul>

## 1.19 Modul Interdisziplinäres BIM-Seminar

Modulbezeichnung	<b>Interdisziplinäres BIM-Seminar</b>						
Code	M1-iBIM						
Dauer / Turnus	Ein Semester / Jährlich im Wintersemester						
Verantwortlich	Prof. Dr.-Ing. Matthias Baitsch						
Dozentinnen / Dozenten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prof. Dr.-Ing. Matthias Baitsch</li> <li>- Prof. Sven Pfeiffer</li> <li>- Prof. Dr.-Ing. Dirk Eling</li> </ul>						
Sprache	Deutsch						
Arbeitsaufwand	150 Stunden (45h Seminar, 105h Eigenständiges Arbeiten)						
Leistungspunkte / SWS	5 Leistungspunkte / 3 SWS						
Voraussetzungen	Nach aktueller Prüfungsordnung						
Voraussetzungen empfohlen							
Verwendbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masterstudiengang Bauingenieurwesen</li> <li>- Masterstudiengang Umweltingenieurwesen</li> </ul>						
Lernziele	<p>Durch Kooperation der Fachdisziplinen Bauwesen, Architektur und Geodäsie sollen die Studierenden Kenntnisse über das Modellieren in 3D sowohl mit der Methode BIM als auch mittels Urban Information Modeling erwerben, BIM-Modelle in bestehende oder noch zu erzeugende Dateninfrastrukturen integrieren und sich mit der Problemstellung des Datenaustausches sowie der Weiterverarbeitung von zu übermittelten Daten auseinandersetzen.</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; vertical-align: top;">Kenntnisse</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sicherer Umgang mit Definitionen, Begriffen und Rollenverteilungen</li> <li>- Anwendung von BIM-Werkzeugen</li> <li>- Datenaustausch und Datenerhaltung</li> <li>- Kopplung der Planungsmethode BIM zu Vermessung</li> <li>- Anwendung spezifischer Software</li> <li>- BIM Prozesse und Workflows</li> <li>- Datenbankstrukturen und -aufbau</li> <li>- Rechtlicher Rahmen zur fachübergreifenden Nutzung von BIM-Modellen</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">Fertigkeiten</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erzeugung eines digitalen 3D-Gebäudemodells z.B. TGA</li> <li>- Erzeugung eines 3D-Lageplans / Erzeugung von Bestandsaufnahmemodellen</li> <li>- Verschiedene Fachmodelle zusammenführen und auf Kollisionen prüfen</li> <li>- BIM-Modelle mit Geo-Daten verknüpfen</li> <li>- Probleme im Datenaustausch erkennen und Lösungen finden</li> <li>- Mittels BIM-Modellen kommunizieren, digitale Werkzeuge effektiv nutzen</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">Kompetenzen</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Selbstständiger und initiativer Umgang mit spezifischer Software</li> <li>- Entwicklung von Strategien zur Lösung von Datenaustauschproblemen</li> <li>- Interdisziplinäre Arbeitsgruppen organisieren, Projektziele im Team erreichen</li> </ul> </td> </tr> </table>	Kenntnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sicherer Umgang mit Definitionen, Begriffen und Rollenverteilungen</li> <li>- Anwendung von BIM-Werkzeugen</li> <li>- Datenaustausch und Datenerhaltung</li> <li>- Kopplung der Planungsmethode BIM zu Vermessung</li> <li>- Anwendung spezifischer Software</li> <li>- BIM Prozesse und Workflows</li> <li>- Datenbankstrukturen und -aufbau</li> <li>- Rechtlicher Rahmen zur fachübergreifenden Nutzung von BIM-Modellen</li> </ul>	Fertigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erzeugung eines digitalen 3D-Gebäudemodells z.B. TGA</li> <li>- Erzeugung eines 3D-Lageplans / Erzeugung von Bestandsaufnahmemodellen</li> <li>- Verschiedene Fachmodelle zusammenführen und auf Kollisionen prüfen</li> <li>- BIM-Modelle mit Geo-Daten verknüpfen</li> <li>- Probleme im Datenaustausch erkennen und Lösungen finden</li> <li>- Mittels BIM-Modellen kommunizieren, digitale Werkzeuge effektiv nutzen</li> </ul>	Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Selbstständiger und initiativer Umgang mit spezifischer Software</li> <li>- Entwicklung von Strategien zur Lösung von Datenaustauschproblemen</li> <li>- Interdisziplinäre Arbeitsgruppen organisieren, Projektziele im Team erreichen</li> </ul>
Kenntnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sicherer Umgang mit Definitionen, Begriffen und Rollenverteilungen</li> <li>- Anwendung von BIM-Werkzeugen</li> <li>- Datenaustausch und Datenerhaltung</li> <li>- Kopplung der Planungsmethode BIM zu Vermessung</li> <li>- Anwendung spezifischer Software</li> <li>- BIM Prozesse und Workflows</li> <li>- Datenbankstrukturen und -aufbau</li> <li>- Rechtlicher Rahmen zur fachübergreifenden Nutzung von BIM-Modellen</li> </ul>						
Fertigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erzeugung eines digitalen 3D-Gebäudemodells z.B. TGA</li> <li>- Erzeugung eines 3D-Lageplans / Erzeugung von Bestandsaufnahmemodellen</li> <li>- Verschiedene Fachmodelle zusammenführen und auf Kollisionen prüfen</li> <li>- BIM-Modelle mit Geo-Daten verknüpfen</li> <li>- Probleme im Datenaustausch erkennen und Lösungen finden</li> <li>- Mittels BIM-Modellen kommunizieren, digitale Werkzeuge effektiv nutzen</li> </ul>						
Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Selbstständiger und initiativer Umgang mit spezifischer Software</li> <li>- Entwicklung von Strategien zur Lösung von Datenaustauschproblemen</li> <li>- Interdisziplinäre Arbeitsgruppen organisieren, Projektziele im Team erreichen</li> </ul>						
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modellierung mit BIM und Integration von BIM / GIS</li> <li>- Datenformate, Standards und Werkzeuge</li> <li>- Aufbau und Management von BIM-basierten Datenumgebungen</li> <li>- Erzeugung von Bestandsaufnahmemodellen</li> <li>- Erzeugung von TGA Modellen</li> <li>- Datenerfassung und Auswertung mit Methoden der Geodäsie</li> </ul>						
Lehr- und Lernformen	In den Vorlesungen wird den Studierenden Grund- und Fachwissen praxisnah in Form von Vortrag und aktivierenden Elementen vermittelt. Zusammenhänge werden dargestellt und fachspezifische Methoden angewendet. In praxisnahen Übungen arbeiten die Studierenden selbstständig in interdisziplinären Projektteams an kleinen Aufgabenstellungen, um die erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten zum BIM-Prozess anwenden und ausüben zu können.						
Prüfung	Hausarbeit mit Kolloquium						
Medien / Lehrmaterialien	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beamer</li> <li>- PC</li> </ul>						
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hausknecht, K. und Liebich, T.: BIM Kompendium – Building Information Modeling als neue Planungsmethode, Fraunhofer IRB</li> <li>- Bormann, A., König, M., Koch, C., Beetz, J.: Building Information Modeling – Technologische Grundlagen und industrielle Praxis, Springer Vieweg</li> <li>- Leitfaden Geodäsie und BIM, DVW und Runder Tisch GIS e.V.</li> <li>- Richtlinienreihe VDI 2552 'Building Information Modeling'</li> </ul>						



## 1.20 Modul Verfahrenstechnik der Wasseraufbereitung – Trinkwasser – Abwasser – Klärschlamm

Modulbezeichnung	<b>Verfahrenstechnik der Wasseraufbereitung – Trinkwasser – Abwasser – Klärschlamm</b>
Code	M1-VTWas
Dauer / Turnus	Ein Semester / Jährlich im Wintersemester
Verantwortlich	Prof. Dr.-Ing. Christian Kazner
Dozentinnen / Dozenten	Prof. Dr.-Ing. Christian Kazner
Sprache	Deutsch
Arbeitsaufwand	150 Stunden (30h Vorlesung, 30h Übung, 90h Eigenständiges Arbeiten)
Leistungspunkte / SWS	5 Leistungspunkte / 4 SWS
Voraussetzungen	Nach aktueller Prüfungsordnung
Voraussetzungen empfohlen	Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft
Verwendbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masterstudiengang Bauingenieurwesen</li> <li>- Masterstudiengang Umweltingenieurwesen</li> </ul>
Lernziele	<p>Erwerben vertiefter Kenntnisse aus der Wasseraufbereitung und Schlammbehandlung, z. B. durch Flotation, Adsorption, Oxidation, Desinfektion, Ionenaustausch, Membranverfahren etc. Befähigung zur Durchführung von verantwortlichen Planungen von Aufbereitungsanlagen</p>
Kenntnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ermittlung der Bemessungsgrundlagen (Mengen, Konzentrationen, Frachten)</li> <li>- Kennen der verfahrenstechnischen Grundlagen einzelner Aufbereitungsverfahren</li> <li>- Möglichkeiten zur Wasserwiederverwendung</li> <li>- Bemessung von Anlagen zur Wasseraufbereitung</li> </ul>
Fertigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verfahrenstechnische und konstruktive Planung von Wasseraufbereitungsanlagen</li> <li>- Befähigung zur Nutzung anspruchsvoller Software beim Entwurf von Aufbereitungsanlagen</li> <li>- Befähigung zur Erstellung von ingenieurmäßigen Ausarbeitungen</li> </ul>
Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Strategien zur Lösung von Problemen bei Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung</li> <li>- Verständnis der Zusammenhänge zwischen Wasseraufbereitung und Umwelt/Ökosystemen</li> <li>- Verantwortliche Planung von Aufbereitungs- und Behandlungsanlagen</li> </ul>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausgewählte Aspekte der Prozess- und Verfahrenstechnik</li> <li>- Verfahren der Trinkwasseraufbereitung, Abwasserbehandlung und Wasserwiedergewinnung</li> <li>- Verfahren der Schlammbehandlung, Sekundärrohstoffrückgewinnung und Prozesswasserbehandlung</li> </ul>
Lehr- und Lernformen	Vorlesung und Übung/Seminar, Computerpraktikum
Prüfung	Klausur/mündliche Prüfung, Hausarbeit
Medien / Lehrmaterialien	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beamer</li> <li>- Flipchart</li> </ul>
Literatur	Metcalf & Eddy, Inc. and G. Tchobanoglous, H. D. Stensel, R. Tsuchihashi, and F. Burton (2014) Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery, 5th Edition, McGraw Hill

## 1.21 Modul Groundwater Hydraulics

Module title	<b>Groundwater Hydraulics</b>
Code	M1-GrwHyd
Duration / Frequency	One semester / Each year in summer term
Responsible	Prof. Dr.-Ing. Bastian Welsch
Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Bastian Welsch
Language	English
Workload	150 hours (30h Lecture, 30h Exercise, 90h Self driven work)
Credit points / Contact time	5 Credit points / 4 Hours per week
Prerequisites	According to current examination regulations
Recommended prerequisites	
Study programs	Master of Environmental Engineering
Learning goals	<p>The course deals with the basic physical phenomena of groundwater flow, and groundwater flow related mass and heat transport processes in the subsurface. Moreover, it gives an introduction to practice related numerical simulation of these processes. Upon successful completion of the module, students will be able to ...</p> <p><b>Knowledge</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Describe the fundamentals of hydrogeology.</li> <li>- Explain groundwater flow and the related mass and heat transfer processes in the subsurface.</li> </ul> <p><b>Skills</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plan and design water wells / plan, perform and evaluate well pumping tests.</li> <li>- Perform numerical groundwater flow and transport simulations in a state-of-the-art simulation environment.</li> </ul> <p><b>Competencies</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capture and assess the hydrogeological situation at a site and to transfer this into a numerical model concept.</li> <li>- Evaluate and critically question the results of a numerical groundwater flow and transport simulation.</li> </ul>
Content	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduction to Hydrogeology</li> <li>- Darcy Flow in Confined and Unconfined Aquifers</li> <li>- Variable Saturated Media</li> <li>- Material Transport in Groundwater</li> <li>- Heat Transport in Groundwater</li> <li>- Density Dependent Flow</li> <li>- Well Hydraulics and Pumping Tests</li> <li>- Groundwater flow-, heat and mass transport- simulation</li> </ul>
Teaching format	Lecture, practice-oriented exercises, software training
Examination	Portfolio examination (elements: two written tests [25% each], solving a modeling/simulation problem [50%], + learning process reflection [unassessed]/resume).
Media	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visualizer, blackboard, beamer</li> <li>- E-learning platform Moodle</li> <li>- Slide script</li> <li>- Software FEFLOW</li> </ul>
Literature	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manual of Software FEFLOW</li> <li>- Further literature recommendation will be given in the lectures</li> </ul>

## 1.22 Modul Drilling Engineering 1 – Geotechnical and Near-Surface Drilling

Module title	<b>Drilling Engineering 1 – Geotechnical and Near-Surface Drilling</b>
Code	M1-Drill1
Duration / Frequency	One semester / Each year in summer term
Responsible	Prof. Dr.-Ing. Bastian Welsch
Lecturers	Dipl.-Ing. Volker Wittig M.Sc.
Language	English
Workload	150 hours (30h Lecture, 15h Exercise, 105h Self driven work)
Credit points / Contact time	5 Credit points / 3 Hours per week
Prerequisites	According to current examination regulations
Recommended prerequisites	
Study programs	Master of Environmental Engineering
Learning goals	<p>The course presents an introduction to drilling technologies, focussing on shallow, near-surface applications like geothermal borehole heat exchangers, water and monitoring wells, geotechnical as well as environmental investigation. Dry, augering and mud drilling techniques will be compared and discussed, as well as sampling and coring for different applications.</p> <p><b>Knowledge</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduction to geotechnical investigations and selected standards</li> <li>- Rotary drilling with direct circulation including tooling</li> <li>- Rotary drilling with indirect circulation including tooling, applications, air lifting</li> <li>- Mud losses, artesian conditions while drilling, cementing</li> <li>- Water and monitoring wells, well testing, sampling</li> <li>- Shallow geothermal, borehole heat exchanger systems</li> <li>- Environmental Direct Push sampling, coring, onsite analysis</li> </ul> <p><b>Skills</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Differentiate shallow and deep drilling</li> <li>- Learn all the various shallow drilling methods from rotary, augering to Direct Push</li> <li>- Know drilling, sampling, coring and their applications</li> <li>- Monitoring and water well planing and drilling</li> <li>- Geotechnical and foundation work</li> <li>- Environmental investigation schemes</li> </ul> <p><b>Competencies</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Basic mud rotary drilling</li> <li>- Dry, augering type drilling methods</li> <li>- Coring</li> <li>- Sampling</li> <li>- Direct Push</li> <li>- Water well systems</li> <li>- Shallow geothermal wells</li> </ul>
Content	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Basics of shallow drilling</li> <li>- Coring and cuttings</li> <li>- Geotechnical exploration, probing and analysis (DIN 4021 / EN ISO 22475)</li> <li>- Foundation work and drilling</li> <li>- Water well drilling and completion</li> <li>- Shallow geothermal drilling, completion and applications including standard W 120</li> <li>- Quality assurance and control of shallow geothermal BHE systems</li> </ul>
Teaching format	Classroom and hands on lectures, field work on the rig and its auxiliary equipment, laboratory experiments, practical case studies.
Examination	Written examination in presence or digitally via Moodle (60 Minuten) or thesis with presentation
Media	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Projector</li> <li>- Blackboard</li> <li>- Script</li> </ul>
Literature	<ul style="list-style-type: none"> <li>- DIN 4021 / EN 22475</li> <li>- Arnold, W.: Flachbohrtechnik / shallow drilling</li> <li>- Script</li> <li>- Drilling: the manual of methods, application and management; Australian drilling industry</li> </ul>

## 1.23 Modul Drilling Engineering 2 – Deep Drilling Engineering and Technologies

Module title	<b>Drilling Engineering 2 – Deep Drilling Engineering and Technologies</b>
Code	M1-Drill2
Duration / Frequency	One semester / Each year in winter term
Responsible	Prof. Dr.-Ing. Bastian Welsch
Lecturers	Dipl.-Ing. Volker Wittig M.Sc.
Language	English
Workload	150 hours (30h Lecture, 15h Exercise, 105h Self driven work)
Credit points / Contact time	5 Credit points / 3 Hours per week
Prerequisites	According to current examination regulations
Recommended prerequisites	
Study programs	Master of Environmental Engineering
Learning goals	The course gives an introduction to the principles of conventional and advanced deep drilling technologies. Students learn how to plan a drilling project including wellbore planning and selection of toolings and devices.
Knowledge	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fundamentals of deep drilling systems</li> <li>- Drilling tooling</li> <li>- Well and casing stability</li> <li>- Site management skills</li> <li>- Mud circulation</li> <li>- LWD / MWD techniques</li> </ul>
Skills	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explain the main methods and parameters of drilling technology</li> <li>- Describe potential drilling problems</li> <li>- Define the composition of the cost structure of a drilling project</li> <li>- Calculate casing designs</li> </ul>
Competencies	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Development of deep drilling concepts</li> </ul>
Content	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deep drilling basics; mechanical rock destruction process</li> <li>- Drilling techniques and process</li> <li>- Rotary drilling</li> <li>- Percussion drilling</li> <li>- Directional drilling</li> <li>- Innovative and unconventional drilling techniques (thermal, hydraulic, coiled tubing)</li> <li>- Drilling specific laboratory analysis</li> <li>- Mud logging</li> <li>- Health, safety issues and environmental impacts of drilling projects</li> </ul>
Teaching format	Class room work, exercises, field work and site visit
Examination	Written examination in presence or digitally via Moodle (60 Minuten) or thesis with presentation
Media	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Projector</li> <li>- Blackboard</li> <li>- Script</li> <li>- Drilling Rig and Tooling</li> </ul>
Literature	

## 1.24 Modul Geothermal Systems 1 – Heating, Cooling and Storage

Module title	<b>Geothermal Systems 1 – Heating, Cooling and Storage</b>
Code	M1-GeoHCS
Duration / Frequency	One semester / Each year in summer term
Responsible	Prof. Dr.-Ing. Bastian Welsch
Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Bastian Welsch
Language	English
Workload	150 hours (30h Lecture, 15h Exercise, 105h Self driven work)
Credit points / Contact time	5 Credit points / 3 Hours per week
Prerequisites	According to current examination regulations
Recommended prerequisites	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Previous knowledge in heat pump technology is recommended.</li> <li>- Previous knowledge in heat transfer and mathematics is required to be able to interpret simulation results.</li> </ul>
Study programs	Master of Environmental Engineering
Learning goals	<p>The course focuses on shallow geothermal systems. The students will learn the basic steps from the dimensioning of the heat pump over the simple design of different shallow geothermal source systems to the simulation-based design of larger borehole heat exchanger arrays. Upon successful completion of the module, students will be able to ...</p> <p><b>Knowledge</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Describe the working principle of geothermal heat pumps and HVAC equipment</li> <li>- Describe in detail the structure and operating principle of the various utilization systems of shallow geothermal energy.</li> <li>- Explain the thermodynamic processes taking place in and around various shallow geothermal systems.</li> </ul> <p><b>Skills</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dimension the heat pump for a given specific building heating demand according to the state of the art.</li> <li>- Dimension horizontal collectors and borehole heat exchangers by means of the German guideline VDI 4640.</li> <li>- Use common simulation software to dimension BHE systems</li> <li>- Execute and evaluate Thermal Response Tests (TRT)</li> <li>- Identify critical geological formations and adapt the choice and layout of the system to them.</li> </ul> <p><b>Competencies</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Choose a suitable geothermal system (BHE, collector, well) in dependence of specific site conditions.</li> <li>- Differentiate advantages and limits of different design and simulation approaches and to choose a suitable design method for the respective shallow geothermal system.</li> <li>- Critically question and evaluate design and simulation results.</li> </ul>
Content	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduction to Shallow Geothermal Systems</li> <li>- Principles of Heat Conduction in the Subsurface</li> <li>- Design of Heat Pumps</li> <li>- Geothermal Well Doublets</li> <li>- Geothermal Collectors and their Design</li> <li>- Borehole Heat Exchangers</li> <li>- BHE Design According to VDI 4640</li> <li>- Geothermal Response Test</li> <li>- Introduction to EED, G-functions</li> <li>- Cooling &amp; Seasonal Heat Storage</li> <li>- Construction of BHE, Damage Cases and Critical Formations</li> </ul>
Teaching format	Lecture, practice-oriented exercises, group work, components of self-study
Examination	Written exam (90 minutes)
Media	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visualizer, blackboard, beamer</li> <li>- E-learning platform Moodle</li> <li>- Slide script</li> </ul>
Literature	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sanner, B. et al.: Thermal Response Test – Current Status and World-Wide Application. / VDI 4640: Thermische Nutzung des Untergrunds.</li> <li>- DGGT / DGG (Eds.) – Shallow Geothermal Systems – Recommendations on Design, Construction, Operation and Monitoring.</li> </ul>

## 1.25 Modul Geothermal Systems 2 – Electricity Generation, District Heating and Industrial Uses

Module title	<b>Geothermal Systems 2 – Electricity Generation, District Heating and Industrial Uses</b>	
Code	M1-GeoEDI	
Duration / Frequency	One semester / Each year in summer term	
Responsible	Prof. Dr.-Ing. Bastian Welsch	
Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Bastian Welsch	
Language	English	
Workload	150 hours (30h Lecture, 15h Exercise, 105h Self driven work)	
Credit points / Contact time	5 Credit points / 3 Hours per week	
Prerequisites	According to current examination regulations	
Recommended prerequisites	Parallel attendance of the course Groundwater Hydraulics	
Study programs	Master of Environmental Engineering	
Learning goals	The course focuses on deep geothermal systems. The students will learn the basic componets, thermodynamic principles and stages in the development of geothermal power plants. Upon successful completion of the module, students will be able to ...	
	Knowledge	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explain the components of deep geothermal systems and geothermal power plants.</li> <li>- Differentiate methods of enhancing geothermal reservoirs.</li> <li>- Distinguish between different types of power plants, explain their operating principle and illustrate it in the form of process diagrams.</li> </ul>
	Skills	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Understand the thermodynamic processes in a geothermal power plant and estimate the output of a power plant via simplified thermodynamic considerations.</li> <li>- Weigh the social and environmental implications associated with deep geothermal projects and know appropriate actions to counteract them.</li> </ul>
	Competencies	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluate site-specific conditions and, based on this, develop the deep geothermal concept best suited for the site in question.</li> <li>- Explain the steps required for successful geothermal project development and adapt them to the particular constraints.</li> </ul>
Content	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deep Geothermal Systems and Global Ressources</li> <li>- Types of Geothermal Power Plants</li> <li>- Thermodynamics of Geothermal Power Plants</li> <li>- Heat Exchanger System / Submersible Pumps</li> <li>- Pumping the Reservoir</li> <li>- Corrosion and Scaling Processes</li> <li>- Enhancing Geothermal Systems</li> <li>- Geothermal District Heating</li> <li>- Social and Environmental Impacts</li> <li>- Development Stages of a Deep Geothermal Project</li> <li>- Economics, Finance, and Risk Analysis of a Geothermal Project</li> <li>- Co-production of Lithium</li> </ul>	
Teaching format	Lecture, practice-oriented exercises, group work, components of self-study	
Examination	Written exam (90 minutes)	
Media	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visualizer, blackboard, beamer</li> <li>- E-learning platform Moodle</li> <li>- Slide script</li> </ul>	
Literature	<ul style="list-style-type: none"> <li>- DiPippo, R.: Geothermal Power Plants; DiPippo, R. (Edit.): Geothermal Power Generation.</li> <li>- Huenges, E.: Geothermal Energy Systems.</li> </ul>	

## 1.26 Modul Geothermal Geology and Exploration

Module title	<b>Geothermal Geology and Exploration</b>
Code	M1-GeoExp
Duration / Frequency	One semester / Each year in winter term
Responsible	Prof. Dr.-Ing. Bastian Welsch
Lecturers	Prof. Dr.-Ing. Bastian Welsch
Language	English
Workload	150 hours (30h Lecture, 15h Exercise, 15h Seminar, 90h Self driven work)
Credit points / Contact time	5 Credit points / 4 Hours per week
Prerequisites	According to current examination regulations
Recommended prerequisites	
Study programs	Master of Environmental Engineering
Learning goals	<p>Students will learn the fundamentals of geothermal geology, the differentiation of different geothermal play types and the application of methods and concepts to estimate the geothermal potential of a certain region. Upon successful completion of the module, students will be able to ...</p> <p><b>Knowledge</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Distinguish different geothermal play types and sketch their typical structure,</li> <li>- Specify the thermal and hydraulic characteristics of different geothermal plays,</li> <li>- Specify ranges of thermo-physical and hydraulic reservoir properties of a reservoir for an efficient production,</li> <li>- Explain the procedure for outcrop analog studies,</li> </ul> <p><b>Skills</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Identify suitable regions for geothermal power and heat generation from their geological setting,</li> <li>- Identify problematic geological formations for shallow geothermal systems,</li> <li>- Apply methods to estimate the geothermal potential of a certain location,</li> </ul> <p><b>Competencies</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Transfer the geothermal play type concept to unexplored geothermal locations,</li> <li>- Develop adapted geochemical and geophysical exploration strategies,</li> <li>- Extract relevant information from geoscientific publications, to present them and to question and discuss the scientific positions.</li> </ul>
Content	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduction into geothermal resources assessment</li> <li>- Introduction into geological systems</li> <li>- Fundamentals of geothermal play type concepts</li> <li>- Different geothermal plays</li> <li>- Exploration strategies</li> <li>- Case studies</li> <li>- Damage cases in shallow geothermal geology</li> </ul>
Teaching format	In the first part the basics will be taught as a lecture (with activating elements such as group work), in the further part students will independently delve into special topics and present them to the commilitons in the form of presentations and discuss them in a seminar-like manner. Moreover, the students will get some exercises to solve.
Examination	Portfolio examination (elements: two written tests [30% each], presentation [40%], + learning process reflection [unassessed]/resume).
Media	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Data projector</li> <li>- White Board or classic board</li> <li>- Moodle as e-learning plattform</li> <li>- Lecture slides</li> </ul>
Literature	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Harvey, C, Rüter, H., Moeck, I., Beardsmore, G (2016): Best practice on geothermal exploration</li> <li>- Press, F.; Siever, R. (1995): Earth.- Spektrum Akad. Verlag, Heidelberg</li> <li>- Weber, J., Schulz, R. et al. (2016): Geothermal Energy, Leibniz Institute for Applied Geophysics</li> </ul>

## 1.27 Modul Hydro- and Geochemistry

Module title	<b>Hydro- and Geochemistry</b>
Code	M1-GeoChe
Duration / Frequency	One semester / Each year in winter term
Responsible	Prof. Dr.-Ing. Bastian Welsch
Lecturers	Dr. Isabella Nardini
Language	English
Workload	150 hours (30h Lecture, 15h Exercise, 15h Practica, 90h Self driven work)
Credit points / Contact time	5 Credit points / 4 Hours per week
Prerequisites	According to current examination regulations
Recommended prerequisites	
Study programs	Master of Environmental Engineering
Learning goals	The students learn to interpret chemical processes and fluid-/rock-reactions at low to moderate pT-conditions in the upper geosphere and in technical geothermal systems.
Knowledge	<ul style="list-style-type: none"> <li>- General chemical composition of rocks</li> <li>- Fundamentals of water-rock interaction</li> <li>- Chemical composition of groundwater and its regional dependencies</li> <li>- Principles of single-phase and 2-phase flow</li> <li>- Thermodynamics of fluids in the geosphere</li> <li>- Fundamentals of corrosion and scaling processes in the geosphere and related technical systems</li> <li>- Groundwater and minewater chemistry</li> </ul>
Skills	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Groundwater and gas sampling</li> <li>- Chemical analysis of groundwater</li> <li>- Solving simple stoichiometric equations</li> <li>- Simulation of component transport in groundwater</li> <li>- Prediction of scaling and corrosion processes</li> </ul>
Competencies	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Predict fluid-rock interactions at given pT-conditions</li> <li>- Simulation of mineral solubility</li> <li>- Estimation of simple geochemical reservoir characteristics</li> <li>- Development of geochemical sampling and monitoring concepts</li> </ul>
Content	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Groundwater quality</li> <li>- Physical and chemical basics</li> <li>- Processes in fluid flow and 2-phase flow</li> <li>- Thermodynamic model for mineral solubility in aqueous fluids</li> <li>- Fluids at elevated pressure and temperature</li> <li>- Element transport</li> <li>- Geochemical systems of different rock types</li> <li>- The carbonate system</li> <li>- Microbiology of groundwater bodies</li> <li>- Corrosion and scaling processes</li> <li>- Regional geochemical studies and exploration strategies</li> <li>- Toxicology of ground water compounds</li> <li>- Introduction to numerical simulation (PhreeqC)</li> </ul>
Teaching format	Theoretical learning in the classroom (50 %), practical computer exercises (20 %), practical field and laboratory work (10%), project-based self-studies (20 %)
Examination with elements	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentation</li> <li>- Thesis with colloquium or written examination (60 Min)</li> </ul>
Media	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Projector and whiteboard</li> <li>- Textbooks and script</li> <li>- Field sampling and laboratory analysis equipment</li> <li>- Computer-based simulation tools</li> </ul>
Literature	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Script</li> <li>- Textbooks</li> <li>- Stanford / IGA scientific paper database</li> </ul>



## 1.28 Modul Digital Rock Physics

Module title	<b>Digital Rock Physics</b>
Code	M2-DIROPH
Duration / Frequency	One semester / Each year in summer term
Responsible	Prof. Dr. E. H. Saenger
Lecturers	Prof. Dr. E. H. Saenger
Language	English
Workload	150 hours (45h Lecture, 45h Exercise, 60h Self driven work)
Credit points / Contact time	5 Credit points / 6 Hours per week
Prerequisites	According to current examination regulations
Recommended prerequisites	
Study programs	Master of Environmental Engineering
Learning goals	The students will learn the fundamentals of digital rock physics. This broad range of knowledge will be taught with a special emphasis to geothermal and hydro-carbon exploration.
Knowledge	<ul style="list-style-type: none"> <li>- To know the fundamentals of digital rock physics</li> <li>- E.g. to know how to use high-performance computer systems</li> <li>- E.g. to understand the resolution limits of CT devices</li> </ul>
Skills	<ul style="list-style-type: none"> <li>- To apply the fundamentals of digital rock physics</li> <li>- E.g. to predict effective material properties</li> <li>- E.g. to improve digital images with respect to the real rock</li> </ul>
Competencies	<ul style="list-style-type: none"> <li>- To apply the fundamentals of digital rock physics to scientific projects</li> <li>- E.g. to upscale elastic properties to understand field scale observations</li> <li>- E.g. to interpret uncertainties in the digital rock physics workflow</li> </ul>
Content	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The basics of the digital rock physics workflow will be introduced: CT-imaging, reconstruction, segmentation, calculation of physical properties</li> <li>- The basics of parallel computing on high-performance computer systems will be introduced.</li> <li>- The basics of finite-different-schemes to solve the elastodynamic wave equation will be introduced.</li> <li>- The parallel computer program 'Heidimod' to model elastic waves in highly heterogeneous and anisotropic media will be introduced in detail and will be applied to problems in the field of digital rock physics</li> </ul>
Teaching format	Lecture and computer exercises to be solved
Examination with elements	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Laborbericht (Hausarbeit)</li> <li>- Mündliche Prüfung (in Präsenz oder online)</li> </ul>
Media	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Digital projector</li> <li>- Blackboard</li> <li>- Laptop</li> </ul>
Literature	Skript

## 1.29 Modul Reservoir-Engineering

Module title	<b>Reservoir-Engineering</b>
Code	M1-ResEng
Duration / Frequency	One semester / Each year in winter term
Responsible	Prof. Dr. E. H. Saenger
Lecturers	Prof. Dr. E. H. Saenger
Language	English
Workload	150 hours (45h Lecture, 15h Exercise, 90h Self driven work)
Credit points / Contact time	5 Credit points / 4 Hours per week
Prerequisites	According to current examination regulations
Recommended prerequisites	
Study programs	Master of Environmental Engineering
Learning goals	The students will learn the fundamentals of reservoir engineering. This broad range of knowledge will be taught with a special emphasis to geothermal and hydrocarbon exploration.
Knowledge	<ul style="list-style-type: none"> <li>- To know the fundamentals of reservoir engineering.</li> <li>- E.g. to understand microseismic monitoring</li> <li>- E.g. to understand geophysical data from boreholes</li> </ul>
Skills	<ul style="list-style-type: none"> <li>- To apply the fundamentals of reservoir engineering.</li> <li>- E.g. to estimate the risks of reservoir stimulations</li> <li>- E.g. to estimate reservoir permeability</li> </ul>
Competencies	<ul style="list-style-type: none"> <li>- To transfer the fundamentals of reservoir engineering to scientific projects</li> <li>- E.g. to transfer the knowledge of several case histories to new sites.</li> <li>- E.g. to plan a reservoir monitoring system</li> </ul>
Content	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fundamentals of reservoir engineering with the focus on geothermal applications</li> <li>- Interpretation of downhole measurements</li> <li>- Interpretation of spinner results</li> <li>- Measuring reservoir permeability</li> <li>- Conceptual models of geothermal fields</li> <li>- Reservoir modelling</li> <li>- Reservoir monitoring</li> <li>- Reservoir stimulation</li> <li>- Case Histories</li> </ul>
Teaching format	Lecture with several interactions with the students
Examination with elements	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Laborbericht (Hausarbeit)</li> <li>- Mündliche Prüfung (in Präsenz oder online)</li> </ul>
Media	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Digital projector</li> <li>- Blackboard</li> </ul>
Literature	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grant MA and Bixley PF, 2011; Geothermal Reservoir Engineering</li> <li>- Zoback MD, 2010; Reservoir Geomechanics</li> </ul>

### 1.30 Modul Rock Physics

Module title	<b>Rock Physics</b>
Code	M2-RocPhy
Duration / Frequency	One semester / Each year in summer term
Responsible	Prof. Dr. E. H. Saenger
Lecturers	Prof. Dr. E. H. Saenger
Language	English
Workload	150 hours (45h Lecture, 15h Exercise, 90h Self driven work)
Credit points / Contact time	5 Credit points / 4 Hours per week
Prerequisites	According to current examination regulations
Recommended prerequisites	
Study programs	Master of Environmental Engineering
Learning goals	The students will learn the fundamentals of rock physics. This broad range of knowledge will be taught with a special emphasis to geothermal and hydrocarbon exploration.
Knowledge	<ul style="list-style-type: none"> <li>- To know the fundamentals of rock physics</li> <li>- E.g. to know the Gassmann and Biot theory</li> <li>- E.g. to know several theories to predict effective rock properties</li> </ul>
Skills	<ul style="list-style-type: none"> <li>- To apply the fundamentals of rock physics</li> <li>- E.g. to estimate porosities of reservoir rocks</li> <li>- E.g. to estimate the permeability of reservoir rocks</li> </ul>
Competencies	<ul style="list-style-type: none"> <li>- To transfer the fundamentals of rock physics to scientific projects</li> <li>- E.g. to interpret field data on the basis of rock physical relationships</li> <li>- E.g. to understand the uncertainties of laboratory investigations</li> </ul>
Content	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fundamentals of rock physics.</li> <li>- Introduction to physical properties of sedimentary rocks (e.g. porosity, electrical conductivity, fluid transport properties).</li> <li>- Theoretical and experimental estimations of those properties.</li> <li>- Rock physical relationships from a theoretical, experimental and numerical point of view.</li> <li>- Upscaling: Connections of rock physical relationships on multiple scales.</li> <li>- Laboratory experiments.</li> </ul>
Teaching format	Lecture with several interactions with the students
Examination with elements	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Laborbericht (Hausarbeit)</li> <li>- Mündliche Prüfung (in Präsenz oder online)</li> </ul>
Media	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Blackboard</li> <li>- Digital projector</li> </ul>
Literature	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mavko, G., Mukerji, T. &amp; Dvorkin, J., 1998; The rock physics handbook: tools for seismic analysis in porous media.</li> <li>- Schön, J., 1997; Physical Properties of Rocks: Fundamentals and Principles of Petrophysics</li> <li>- Aki, K., P. Richards, 1980; Quantitative Seismology</li> </ul>

### 1.31 Modul Applied Geophysics

Module title	<b>Applied Geophysics</b>
Code	M1-APPGEO
Duration / Frequency	One semester / Each year in winter term
Responsible	Prof. Dr. E. H. Saenger
Lecturers	Prof. Dr. E. H. Saenger
Language	English
Workload	150 hours (45h Lecture, 15h Exercise, 90h Self driven work)
Credit points / Contact time	5 Credit points / 4 Hours per week
Prerequisites	According to current examination regulations
Recommended prerequisites	
Study programs	Master of Environmental Engineering
Learning goals	The students will learn the fundamentals of applied geophysics. This broad range of knowledge will be taught with a special emphasis to geothermal and hydro-carbon exploration.
Knowledge	<ul style="list-style-type: none"> <li>- To know the fundamentals of applied geophysics</li> <li>- E.g. seismic wave propagation</li> <li>- E.g. gravitation</li> </ul>
Skills	<ul style="list-style-type: none"> <li>- To apply the fundamentals of applied geophysics</li> <li>- E.g. seismic imaging</li> <li>- E.g. interpretation of geophysical data</li> </ul>
Competencies	<ul style="list-style-type: none"> <li>- To transfer the fundamentals of applied geophysics to scientific projects</li> <li>- E.g. to apply electrical methods for leak tests of landfills</li> <li>- E.g. to evaluate reservoir properties from different geophysical techniques</li> </ul>
Content	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fundamentals of applied geophysics</li> <li>- (a) Seismic <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduction to exploration seismics, wave propagation, fundamental rockphysics, refraction and reflection seismic data processing</li> </ul> </li> <li>- (b) Potential methods <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rockphysics of potential methods, anomalies, measuring devices in gravimetry and magnetics, interpretation of gravimetric and magnetics data</li> </ul> </li> <li>- (c) Geoelectric <ul style="list-style-type: none"> <li>- Electric conductivity of rocks, geoelectric sounding and mapping, selfpotential method, induced polarization, VFL, VLF-R, magnetotellurics, geoelectric measuring devices</li> </ul> </li> </ul>
Teaching format	Lecture with several interactions with the students
Examination with elements	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Written examination (90 Minutes)</li> <li>- Mündliche Prüfung (in Präsenz oder online)</li> </ul>
Media	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Blackboard</li> <li>- Digital projector</li> </ul>
Literature	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., 1990; Applied Geophysics</li> <li>- Keary, P. &amp; Brooks, M, 1990; An Introduction to Geophysical Prospecting</li> <li>- Sheriff, R. &amp; L. Gelart, 1995; Exploration Seismology</li> </ul>

## 1.32 Modul International Waste Management

Module title	<b>International Waste Management</b>
Code	M1-InWM
Duration / Frequency	One semester / Each year in summer term
Responsible	Prof. Dr. Peter Hense
Lecturers	Prof. Dr. Peter Hense
Language	English
Workload	150 hours (30h Lecture, 15h Exercise, 105h Self driven work)
Credit points / Contact time	5 Credit points / 3 Hours per week
Prerequisites	According to current examination regulations
Recommended prerequisites	
Study programs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Master of Civil Engineering</li> <li>- Master of Environmental Engineering</li> </ul>
Learning goals	<p>The students know the fundamentals in international waste management, corresponding legislations as well as correlations between changed legal or social circumstances and international waste stream movements. Waste management concepts and projects could be developed, organized, and assessed.</p> <p style="text-align: right;">Knowledge</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Advanced knowledge on recycling technologies</li> <li>- Transboundary movements of waste streams</li> <li>- Actual trends in international waste management</li> </ul> <p style="text-align: right;">Skills</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Selection of suitable technologies for waste collection, sorting, and treatment</li> <li>- Comprehension of effects due to legal and illegal waste exports</li> <li>- Comprehension of relationships between national waste legislations and global allocation of waste streams</li> </ul> <p style="text-align: right;">Competencies</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Development of waste management concepts for selected regions and task</li> <li>- Project organization for treatment of selected waste streams</li> <li>- Assessment of approaches and projects regarding sustainable aspects</li> </ul>
Content	<ul style="list-style-type: none"> <li>- International waste legislation</li> <li>- Movement of waste streams in the European Union and globally</li> <li>- Differences and approaches of waste management worldwide including recycling technologies</li> <li>- Challenges for a circular economy in different regions</li> <li>- Drivers of globalized waste management and of sustainable waste management</li> <li>- Practical approaches and solutions e. g. best-of-two-world concepts</li> </ul>
Teaching format	Classroom and hands-on lectures plus discussions and tasks to be solved. Preparation and presentation of practical and scientific work.
Examination	Thesis with colloquium
Media	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Projector</li> <li>- Blackboard</li> <li>- Script</li> <li>- Flip Chart</li> </ul>
Literature	Script

### 1.33 Modul Schlüsselkompetenzen A

Modulbezeichnung	<b>Schlüsselkompetenzen A</b>
Code	M1-SchKoA
Dauer / Turnus	Ein Semester / Jedes Semester
Verantwortlich	Dekanat
Dozentinnen / Dozenten	Dozentinnen und Dozenten des ISD
Sprache	Deutsch
Arbeitsaufwand	150 Stunden
Leistungspunkte	5 Leistungspunkte
Voraussetzungen	Nach aktueller Prüfungsordnung
Voraussetzungen empfohlen	
Verwendbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masterstudiengang Bauingenieurwesen</li> <li>- Masterstudiengang Umweltingenieurwesen</li> </ul>
Lernziele	Aus dem Wahllangebot des Instituts für Studienerfolg und Didaktik (ISD) können – mit Ausnahme der Englischkurse – frei Kurse im Bereich Schlüsselkompetenzen gewählt werden wie z.B. Projektmanagement, Rhetorik und Präsentation oder Interkulturelle Kommunikation. Die Lernziele ergeben sich deshalb aus dem Angebot des ISD.
Inhalt	Je nach gewähltem Kurs im ISD
Lehr- und Lernformen	Je nach gewähltem Kurs im ISD
Prüfung	Je nach gewähltem Kurs im ISD
Medien / Lehrmaterialien	Je nach gewähltem Kurs im ISD
Literatur	Je nach gewähltem Kurs im ISD

### 1.34 Modul Ingenieurwissenschaftliche Studien 1

Modulbezeichnung	<b>Ingenieurwissenschaftliche Studien 1</b>
Code	M2-IngSt1
Dauer / Turnus	Ein Semester / Jedes Semester
Verantwortlich	Alle Professorinnen und Professoren des Studiengangs
Dozentinnen / Dozenten	Alle Professorinnen und Professoren des Studiengangs
Sprache	Deutsch
Arbeitsaufwand	150 Stunden (45h Seminar, 105h Eigenständiges Arbeiten)
Leistungspunkte / SWS	5 Leistungspunkte / 3 SWS
Voraussetzungen	Nach aktueller Prüfungsordnung
Voraussetzungen empfohlen	
Verwendbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masterstudiengang Bauingenieurwesen</li> <li>- Masterstudiengang Umweltingenieurwesen</li> </ul>
Lernziele	Die Studierenden sind in der Lage, ingenieurwissenschaftlichen Aufgabenstellungen im Rahmen von Forschungsprojekten unter enger Anleitung zu bearbeiten, die Ergebnisse zu dokumentieren und sie zu kommunizieren.
Kenntnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zusatzkenntnisse, die über das bisher im Studium erworbene Wissen hinausgehen und für die Bearbeitung der Aufgabenstellung notwendig sind</li> </ul>
Fertigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Teilaufgaben aus Forschungsprojekten verstehen, bearbeiten und zu Lösungsvorschlägen kommen</li> <li>- Vorgehensweise mit Betreuer*innen und Kommilitonen abstimmen</li> <li>- Literatur recherchieren</li> <li>- Experimentelle oder numerische Untersuchungen durchführen</li> <li>- Ingenieurwissenschaftliche Arbeiten schriftlich dokumentieren</li> <li>- Ergebnisse mündlich den Betreuer*innen erläutern</li> </ul>
Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Selbständig und ggf. im Team an einer wissenschaftlichen Aufgabenstellung arbeiten</li> <li>- Die Ergebnisse auf Basis wissenschaftlichen Arbeitens dokumentieren</li> <li>- Die Ergebnisse mündlich präsentieren und kritische Rückfragen sicher beantworten können</li> <li>- Sich für weitergehende Mitarbeit in Forschungsprojekten qualifizieren</li> </ul>
Inhalt	Je nach Aufgabenstellung
Lehr- und Lernformen	Im Rahmen von Forschungsprojekten werden Teilaufgabenstellungen an die Studierenden weitergegeben und erläutert. Die Bearbeitung erfolgt allein oder in kleinen Teams von Studierenden. Dabei werden sie sehr eng in seminaristischer Form von den für das Forschungsprojekt verantwortlichen Betreuer*innen begleitet. Die Ergebnisse werden schriftlich dokumentiert und den zuständigen Professor*innen präsentiert.
Prüfung	Hausarbeit mit Kolloquium
Medien / Lehrmaterialien	Entfällt
Literatur	Je nach Aufgabenstellung

## 1.35 Modul Ingenieurwissenschaftliche Studien 2

Modulbezeichnung	<b>Ingenieurwissenschaftliche Studien 2</b>
Code	M2-IngSt2
Dauer / Turnus	Ein Semester / Jedes Semester
Verantwortlich	Alle Professorinnen und Professoren des Studiengangs
Dozentinnen / Dozenten	Alle Professorinnen und Professoren des Studiengangs
Sprache	Deutsch
Arbeitsaufwand	150 Stunden (45h Seminar, 105h Eigenständiges Arbeiten)
Leistungspunkte / SWS	5 Leistungspunkte / 3 SWS
Voraussetzungen	Nach aktueller Prüfungsordnung
Voraussetzungen empfohlen	
Verwendbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masterstudiengang Bauingenieurwesen</li> <li>- Masterstudiengang Umweltingenieurwesen</li> </ul>
Lernziele	Die Studierenden sind in der Lage, ingenieurwissenschaftlichen Aufgabenstellungen im Rahmen von Forschungsprojekten unter enger Anleitung zu bearbeiten, die Ergebnisse zu dokumentieren und sie zu kommunizieren.
Kenntnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zusatzkenntnisse, die über das bisher im Studium erworbene Wissen hinausgehen und für die Bearbeitung der Aufgabenstellung notwendig sind</li> </ul>
Fertigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Teilaufgaben aus Forschungsprojekten verstehen, bearbeiten und zu Lösungsvorschlägen kommen</li> <li>- Vorgehensweise mit Betreuer*innen und Kommilitonen abstimmen</li> <li>- Literatur recherchieren</li> <li>- Experimentelle oder numerische Untersuchungen durchführen</li> <li>- Ingenieurwissenschaftliche Arbeiten schriftlich dokumentieren</li> <li>- Ergebnisse mündlich den Betreuer*innen erläutern</li> </ul>
Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Selbständig und ggf. im Team an einer wissenschaftlichen Aufgabenstellung arbeiten</li> <li>- Die Ergebnisse auf Basis wissenschaftlichen Arbeitens dokumentieren</li> <li>- Die Ergebnisse mündlich präsentieren und kritische Rückfragen sicher beantworten können</li> <li>- Sich für weitergehende Mitarbeit in Forschungsprojekten qualifizieren</li> </ul>
Inhalt	Je nach Aufgabenstellung
Lehr- und Lernformen	Im Rahmen von Forschungsprojekten werden Teilaufgabenstellungen an die Studierenden weitergegeben und erläutert. Die Bearbeitung erfolgt allein oder in kleinen Teams von Studierenden. Dabei werden sie sehr eng in seminaristischer Form von den für das Forschungsprojekt verantwortlichen Betreuer*innen begleitet. Die Ergebnisse werden schriftlich dokumentiert und den zuständigen Professor*innen präsentiert.
Prüfung	Hausarbeit mit Kolloquium
Medien / Lehrmaterialien	Entfällt
Literatur	Je nach Aufgabenstellung



### 1.36 Modul Ingenieurwissenschaftliche Studien 3

Modulbezeichnung	<b>Ingenieurwissenschaftliche Studien 3</b>
Code	M2-IngSt3
Dauer / Turnus	Ein Semester / Jedes Semester
Verantwortlich	Alle Professorinnen und Professoren des Studiengangs
Dozentinnen / Dozenten	Alle Professorinnen und Professoren des Studiengangs
Sprache	Deutsch
Arbeitsaufwand	150 Stunden (45h Seminar, 105h Eigenständiges Arbeiten)
Leistungspunkte / SWS	5 Leistungspunkte / 3 SWS
Voraussetzungen	Nach aktueller Prüfungsordnung
Voraussetzungen empfohlen	
Verwendbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masterstudiengang Bauingenieurwesen</li> <li>- Masterstudiengang Umweltingenieurwesen</li> </ul>
Lernziele	Die Studierenden sind in der Lage, ingenieurwissenschaftlichen Aufgabenstellungen im Rahmen von Forschungsprojekten unter enger Anleitung zu bearbeiten, die Ergebnisse zu dokumentieren und sie zu kommunizieren.
Kenntnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zusatzkenntnisse, die über das bisher im Studium erworbene Wissen hinausgehen und für die Bearbeitung der Aufgabenstellung notwendig sind</li> </ul>
Fertigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Teilaufgaben aus Forschungsprojekten verstehen, bearbeiten und zu Lösungsvorschlägen kommen</li> <li>- Vorgehensweise mit Betreuer*innen und Kommilitonen abstimmen</li> <li>- Literatur recherchieren</li> <li>- Experimentelle oder numerische Untersuchungen durchführen</li> <li>- Ingenieurwissenschaftliche Arbeiten schriftlich dokumentieren</li> <li>- Ergebnisse mündlich den Betreuer*innen erläutern</li> </ul>
Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Selbständig und ggf. im Team an einer wissenschaftlichen Aufgabenstellung arbeiten</li> <li>- Die Ergebnisse auf Basis wissenschaftlichen Arbeitens dokumentieren</li> <li>- Die Ergebnisse mündlich präsentieren und kritische Rückfragen sicher beantworten können</li> <li>- Sich für weitergehende Mitarbeit in Forschungsprojekten qualifizieren</li> </ul>
Inhalt	Je nach Aufgabenstellung
Lehr- und Lernformen	Im Rahmen von Forschungsprojekten werden Teilaufgabenstellungen an die Studierenden weitergegeben und erläutert. Die Bearbeitung erfolgt allein oder in kleinen Teams von Studierenden. Dabei werden sie sehr eng in seminaristischer Form von den für das Forschungsprojekt verantwortlichen Betreuer*innen begleitet. Die Ergebnisse werden schriftlich dokumentiert und den zuständigen Professor*innen präsentiert.
Prüfung	Hausarbeit mit Kolloquium
Medien / Lehrmaterialien	Entfällt
Literatur	Je nach Aufgabenstellung

## 1.37 Modul Ingenieurwissenschaftliche Studien 4

Modulbezeichnung	<b>Ingenieurwissenschaftliche Studien 4</b>
Code	M2-IngSt4
Dauer / Turnus	Ein Semester / Jedes Semester
Verantwortlich	Alle Professorinnen und Professoren des Studiengangs
Dozentinnen / Dozenten	Alle Professorinnen und Professoren des Studiengangs
Sprache	Deutsch
Arbeitsaufwand	150 Stunden (45h Seminar, 105h Eigenständiges Arbeiten)
Leistungspunkte / SWS	5 Leistungspunkte / 3 SWS
Voraussetzungen	Nach aktueller Prüfungsordnung
Voraussetzungen empfohlen	
Verwendbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masterstudiengang Bauingenieurwesen</li> <li>- Masterstudiengang Umweltingenieurwesen</li> </ul>
Lernziele	Die Studierenden sind in der Lage, ingenieurwissenschaftlichen Aufgabenstellungen im Rahmen von Forschungsprojekten unter enger Anleitung zu bearbeiten, die Ergebnisse zu dokumentieren und sie zu kommunizieren.
Kenntnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zusatzkenntnisse, die über das bisher im Studium erworbene Wissen hinausgehen und für die Bearbeitung der Aufgabenstellung notwendig sind</li> </ul>
Fertigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Teilaufgaben aus Forschungsprojekten verstehen, bearbeiten und zu Lösungsvorschlägen kommen</li> <li>- Vorgehensweise mit Betreuer*innen und Kommilitonen abstimmen</li> <li>- Literatur recherchieren</li> <li>- Experimentelle oder numerische Untersuchungen durchführen</li> <li>- Ingenieurwissenschaftliche Arbeiten schriftlich dokumentieren</li> <li>- Ergebnisse mündlich den Betreuer*innen erläutern</li> </ul>
Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Selbständig und ggf. im Team an einer wissenschaftlichen Aufgabenstellung arbeiten</li> <li>- Die Ergebnisse auf Basis wissenschaftlichen Arbeitens dokumentieren</li> <li>- Die Ergebnisse mündlich präsentieren und kritische Rückfragen sicher beantworten können</li> <li>- Sich für weitergehende Mitarbeit in Forschungsprojekten qualifizieren</li> </ul>
Inhalt	Je nach Aufgabenstellung
Lehr- und Lernformen	Im Rahmen von Forschungsprojekten werden Teilaufgabenstellungen an die Studierenden weitergegeben und erläutert. Die Bearbeitung erfolgt allein oder in kleinen Teams von Studierenden. Dabei werden sie sehr eng in seminaristischer Form von den für das Forschungsprojekt verantwortlichen Betreuer*innen begleitet. Die Ergebnisse werden schriftlich dokumentiert und den zuständigen Professor*innen präsentiert.
Prüfung	Hausarbeit mit Kolloquium
Medien / Lehrmaterialien	Entfällt
Literatur	Je nach Aufgabenstellung

## 2 Module im zweiten Studienjahr

### Pflichtmodule

2.1	Masterarbeit und Kolloquium .....	40
-----	-----------------------------------	----

## 2.1 Modul Masterarbeit und Kolloquium

Modulbezeichnung	<b>Masterarbeit und Kolloquium</b>
Code	M2-MaK
Dauer / Turnus	Ein Semester / Jedes Semester
Verantwortlich	Alle Professorinnen und Professoren des Studiengangs
Dozentinnen / Dozenten	Alle Professorinnen und Professoren des Studiengangs
Sprache	Deutsch
Arbeitsaufwand	900 Stunden
Leistungspunkte	30 Leistungspunkte
Voraussetzungen	Nach aktueller Prüfungsordnung
Voraussetzungen empfohlen	Alle erforderlichen Wahlmodule und erfolgreich absolvierte Praxisphase
Verwendbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Masterstudiengang Bauingenieurwesen</li> <li>- Masterstudiengang Umweltingenieurwesen</li> </ul>
Lernziele	Die Studierenden sind in der Lage, ingenieurwissenschaftlichen Aufgaben aus dem Bau- und Umweltingenieurwesen eingeständig zu bearbeiten, zu dokumentieren und im Rahmen eines Kolloquiums zu präsentieren.
Kenntnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zusatzwissen, das über das bisher im Studium Erlernte hinaus geht und für die Aufgabenbearbeitung notwendig ist.</li> </ul>
Fertigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anwendung von Fachwissen</li> <li>- Aufgaben erkennen und lösen</li> <li>- Auch für neuartige Aufgabenstellungen Lösungsstrategien entwickeln</li> <li>- Ingenieurwissenschaftliche Arbeiten schriftlich dokumentieren</li> <li>- Literatur recherchieren und Software anwenden</li> <li>- Gegebenenfalls eigene Software programmieren</li> </ul>
Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Selbständig und über einen längeren Zeitraum hinweg an einer komplexen Aufgabenstellung arbeiten</li> <li>- Die Ergebnisse auf Basis wissenschaftlichen Arbeitens dokumentieren</li> <li>- Die Ergebnisse mündlich präsentieren und kritische Rückfragen sicher beantworten können</li> <li>- Sich im Anschluss für Führungspositionen in der Wirtschaft oder für eine Promotion anbieten</li> </ul>
Inhalt	Je nach Aufgabenstellung
Lehr- und Lernformen	Die Masterarbeit soll weitestgehend selbständig verfasst werden. Die betreuenden Professor*innen stimmen die Aufgabenstellung mit dem Studierenden ab und stehen für Betreuungstermine zur Verfügung. Nach Korrektur der schriftlichen Arbeit erfolgt ein Schlusskolloquium mit Präsentation.
Prüfung	Abschlussarbeit mit Kolloquium
Medien / Lehrmaterialien	Entfällt
Literatur	Je nach Aufgabenstellung