



TU Clausthal

MODULHANDBUCH

Master-of-Science-Studiengang

Geoenvironmental Engineering (Geoumwelttechnik)

Fakultät für Energie- und Wirtschaftswissenschaften
der Technischen Universität Clausthal

21. Juli 2015

Inhaltsverzeichnis (Liste der Module)

Modul	Bezeichnung	Seite
1	Statistische Methoden	1
2	Ingenieurmathematik	2
3	Gefährdungsszenarien & Umweltmonitoring	3
4	Hydro- & Geophysik, Geochemie	5
5	Räumliche Modellierung & GIS	7
6	Geoprozesse & Simulation	9
7	Nachhaltigkeit	11
8	Georisiken	13
9	Bergschadenkunde & Sicherungsmaßnahmen	14
10	Baustofflehre	15
11	Deponietechnik und FEM	17
12	Tunnelbau & Tunnelstatik	19
13	Erd- & Grundbau	21
14	Untertägige Speicher	23
15	Geochemie & Hydrogeochemie	25
16	Bodensanierung & Abwassertechnik	27
17	Grundwasser und Bodenschutz	29
18	Wasserwirtschaft	31
19	Geodätisches Monitoring & Lasermesstechnik	33
20	Spatio-temporale Analyse und Geostatistik	35
21	Fernerkundung & Erfassung von Bodenbewegungen	37
22	Messtechnik I	38
23	Geomechanik	39
24	Grundlagen der Endlagerung und des Strahlenschutzes	41
25	Grundlagen der Langzeitsicherheitsanalyse	43
26	Abfallmanagement und gesetzliche Regelungen	45
27	Probabilistik in der Langzeitsicherheitsanalyse	47
28	Projekt- / Studienarbeit	49
29	Masterarbeit	50

Verzeichnis verwendeter Abkürzungen

Art der Lehrveranstaltung (Lehrform):

- (V) Vorlesung
- (Ü) Übung
- (P) Praktikum
- (E) Exkursion
- (H) Hausarbeit

Typ der Lehrveranstaltung:

- (PF) Pflichtfach
- (WPF) Wahlpflichtfach
- (PLN) Pflichtleistung mit Nachweis

Prüfungsart:

- (K) Klausur
- (M) Mündliche Prüfung
- (B) Bericht / Exkursionsbericht
- (P) Praktikumsbericht / Labor-Protokolle
- (H) Hausarbeit
- (R) Referat
- (Ko) Kolloquium

Kompetenzen (Angaben in Prozent):

- (FK) Fachkompetenz
- (MK) Methodenkompetenz
- (SK) Systemkompetenz
- (SOK) Sozialkompetenz

Modul 1 Statistische Methoden

Studiengang:	MSc Geoenvironmental Engineering
Modulnummer:	1
Modulbezeichnung:	Statistische Methoden
Lehrveranstaltungen:	Ausgleichsrechnung: Parameterschätzung in linearen Modellen Geostatistik II
Semester:	1. und 2.
Modulverantwortliche(r)	Prof. Busch
Dozenten	Prof. Busch, Dr. Müller
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum:	Pflichtmodul in o.g. Studiengang

Lehrform	SWS	Arbeitsaufwand [h] Präsenz-/ Eigenstudium (1 ECTS= 25 h)	ECTS	Kompetenzen			
				FK	MK	SK	SOK
Ausgleichsrechnung: Parameterschätzung in linearen Modellen (2V/Ü)	2	28/47	3	40	30	15	15
Geostatistik II (2V/Ü)	2	28/47	3	40	30	15	15
Summe	4	56/94	6	40	30	15	15

Voraussetzungen:	Statistik für Geowissenschaftler
Lernziele:	Durch diese Veranstaltung können die Studierenden die Grundlagen und Rechenverfahren geostatistischer Methoden und ihre Anwendungen (z.B. Kriging) in modernen Simulationsverfahren verstehen und anwenden. Weiterhin beherrschen sie die Grundlagen der Ausgleichsverfahren, Parameterschätzungen und Genauigkeitsbewertungen.
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none"> • Ausgleichung vermittelnder Beobachtungen • Berücksichtigung von Korrelationen und Gewichten • Inversionsverfahren zur Auflösung von Normalgleichungen • Genauigkeitsmaße und Verfahren der groben Fehlersuche • Robuste Schätzer, Bayes-Schätzer • Kalman-Filter • Praktische Beispiele aus der Vermessungskunde, allgemeinen Messtechnik und Geoinformatik • Grundlagen der Geostatistik und Statistik, Variographie • Berechnung, Auswertung und Interpretation von Variogrammen • Einsatz von geostatistischen Basisdaten in Interpolationsverfahren • Kriging (2D und 3D)
Studien- / Prüfungsleistungen:	Klausur
Prüfungsdauer:	240 min
Medienformen:	Vorlesung, Beamer-Präsentation, Skript, Präsenzübung
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Niemeier, W.: Ausgleichsrechnung. Walter de Gruyter Verlag 2002 • Jäger, Müller, Saler, Schwäble: Klassische und robuste Ausgleichsverfahren. Ein Leitfaden für Ausbildung und Praxis von Geodäten und Geoinformatikern. H.Wichmann Verlag 2005 • Ghilani, Wolf: Adjustment Computations. Spatial Data Analysis. J. Wiley & Sons 2006 • ergänzende Literaturhinweise im Skript • Clark, I. & Harper, W.V. (2000): Practical Geostatistics 2000.-, Columbus (Ecosse).

Modul 2 Ingenieurmathematik

Studiengang:	MSc Geoenvironmental Engineering
Modulnummer:	2
Modulbezeichnung:	Ingenieurmathematik
Lehrveranstaltungen:	Ingenieur-Mathematik III: Numerische Mathematik für nichtmathematische Studiengänge
Semester:	1
Modulverantwortliche(r)	Prof. Angermann
Dozenten	Prof. Angermann, Dr. Behnke, Dr. habil. Mulansky
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum:	Pflichtmodul in o.g. Studiengang. Als Einzelveranstaltung in zahlreiche Studiengänge integriert: Bachelor Materialwissenschaft und Werkstofftechnik - SR Werkstofftechnik - AFB 2011, Bachelor Verfahrenstechnik/Chemieingenieurwesen - Vert. Verfahrenstechnik - AFB 2009, Bachelor Technische Informatik - SP Automatisierungstechnik - AFB 2010, Bachelor Materialwissenschaft und Werkstofftechnik - Vert. Materialwissenschaft - AFB 2007, Master Technische BWL - Vert. Modellierung und Simulation - AFB 2010 und AFB 2010 geänd. 2011, Bachelor Technische Informatik - AFB 2010, Bachelor Maschinenbau - AFB 2009, Master Energiesystemtechnik - AFB 2010 u.v.m.

Lehrform	SWS	Arbeitsaufwand [h] Präsenz-/ Eigenstudium (1 ECTS= 25 h)	ECTS	Kompetenzen			
				FK	MK	SK	SOK
Ingenieur-Mathematik III: Einführung in die Numerik (3V+1Ü)	4	84/66	6	50	20	20	10

Voraussetzungen:	Ingenieurmathematik I und II
Lernziele:	Durch diese Veranstaltung beherrschen die Studierenden die Grundlagen der numerischen Mathematik und sind in der Lage, einfache numerische Verfahren zur Lösung von Aufgaben eigenständig anzuwenden
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung, Ziele der numerischen Mathematik • Lösung linearer Gleichungssysteme • Iterationsverfahren für lineare und nichtlineare Gleichungssysteme • Interpolation • Numerische Integration • Kurzeinführung in die numerische Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen
Studien- / Prüfungsleistungen:	Klausur
Prüfungsdauer:	120 min
Medienformen:	Vorlesung, Beamer-Präsentation, Skript, Präsenzübung
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • W. Boehm and H. Prautzsch. Numerical methods. Vieweg, Braunschweig-Wiesbaden, 1993. • W. Dahmen and A. Reusken. Numerik für Ingenieure und Naturwissenschaftler. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 2006. • H.R. Schwarz and N. Köckler. Numerische Mathematik. Vieweg+Teubner, Stuttgart, 2009, 7. Aufl.

Modul 3 Gefährdungsszenarien & Umweltmonitoring

Studiengang:	MSc Geoenvironmental Engineering
Modulnummer:	3
Modulbezeichnung:	Gefährdungsszenarien & Umweltmonitoring
Lehrveranstaltungen:	Entwicklung von Gefährdungsszenarien Umweltmonitoring
Semester:	1. und 2.
Modulverantwortliche(r)	Prof. Busch
Dozenten	Prof. Busch, Dr. Balzer, Dr. Günther, Dr. Ranke, Dr. Schmitt
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum:	Pflichtmodul in o.g. Studiengang

Lehrform	SWS	Arbeitsaufwand [h] Präsenz-/ Eigenstudium (1 ECTS= 25 h)	ECTS	Kompetenzen			
				FK	MK	SK	SOK
Entwicklung von Gefährdungsszenarien (2V)	2	28/54	3	40	40	15	5
Umweltmonitoring (2V)	2	28/54	3	40	40	15	5
	4	56/108	6	40	40	15	5

Voraussetzungen:	Grundlagen der Geoinformationssysteme, Grundlagen der Vermessungskunde, Fernerkundung
Lernziele:	<p>Die Studierenden beherrschen Grundkenntnisse über geogene Risikoanalysen und Risikomanagement im Kontext der Entwicklung von Handlungsstrategien im Naturkatastrophenmanagement als Teil der wissenschaftlichen Politikberatung. Darüber hinaus besitzen sie praxisorientierte Grundlagen für geogene Gefährdungsanalysen (ausgewählte Beispiele).</p> <p>Die Studierenden besitzen Kenntnisse über Zweck, Ablauf und Inhalte eines Monitorings von Umweltveränderungen (u.a. am Beispiel der Rohstoff- und Energiegewinnung)</p>
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none"> • Definition Risiko (Risikoabschätzung und -bestimmung), Gefahren, Vulnerabilität, • Überblick über geogene Gefährdungen • Kriterien und Methoden für Analysen und zur Entwicklung von Szenarien für geogene Gefahren • Berechnungsgrundlagen für Gefährdungsanalysen - Anwendung und Beispiele (Ingenieurseismologie/Bodendynamik, Massenbewegungen) • Institutionelle Rahmenbedingungen, Mandate, Kompetenzen beteiligter Behörden und Institute • rechtliche Grundlagen für ad hoc-Maßnahmen • Kommunikationsstrategien, Partizipation der betroffenen Bevölkerungen • Begrifflichkeiten • Überblick über allgemeine rechtliche Grundlagen • Umweltbereiche und Umweltfolgen • Erfassung von Umweltdaten • Auswertung von Umweltdaten und Modellierung • Umweltmonitoringprogramme (national, international) • Umweltmonitoring in der Rohstoff- und Energiewirtschaft
Studien- / Prüfungsleistungen:	Klausur
Prüfungsdauer:	240 min
Medienformen:	Vorlesung, Beamer-Präsentation, Skript, Handout
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Bähr, H.P., Vögtle, T.: GIS for Environmental Monitoring. E. Schweitzerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1999. • De Grijter, J., Brus, D., Bierkens, M., Knotters, M.: Sampling for natural resource monitoring. Springer-Verlag, 2006. • Günther, Rademacher, Riekert: Umweltmonitoring – Modelle, Methoden und Systeme.

Oldenbourg Verlag, München, 1993.

- Blaschke, T. (Hrsg.): Umweltmonitoring und Umweltmodellierung. GIS und Fernerkundung als Werkzeuge einer nachhaltigen Entwicklung. Wichmann Verlag, 1999.
- Fischer-Stabel, P. (Hrsg.): Umweltinformationssysteme. Wichmann Verlag, Heidelberg, 2005.
- weitere Angaben während der Vorlesungen

Modul 4 Hydro- und Geophysik, Geochemie

Studiengang:	MSc Geoenvironmental Engineering
Modulnummer:	4
Modulbezeichnung:	Hydro- und Geophysik, Geochemie
Lehrveranstaltungen:	Praktikum Geochemie I Hydro- und Umweltgeophysik
Semester:	1.
Modulverantwortliche(r)	Prof. Mengel
Dozenten	Prof. Mengel, Prof. Weller
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum:	Pflichtmodul in o.g. Studiengang

Lehrform	SWS	Arbeitsaufwand [h] Präsenz-/ Eigenstudium (1 ECTS= 25 h)	ECTS	Kompetenzen			
				FK	MK	SK	SOK
Praktikum Geochemie I (2P)	2	28/47	3	20	50	20	10
Hydro- und Umweltgeophysik (2V)	2	28/47	3	20	50	20	10
	4	56/94	6	20	50	20	10

Voraussetzungen:	Grundlagen der anorganischen Chemie, Grundlagen der Geowissenschaften, Einführung in die Angewandte Geophysik
Lernziele:	Die Studierenden sind in der Lage, die Funktionsweise moderner Analysenmethoden für Lösungen und Festkörper zu verstehen und in der Lage, Messergebnisse auszuwerten und zu beurteilen. Weiterhin haben sie gelernt, für ein analytisches Problem die geeigneten Verfahren auszuwählen und anzuwenden. Die Studierenden verfügen über Kenntnisse zum Einsatz, zur Durchführung und zur Auswertung geophysikalischen Messungen für umweltrelevante Aufgabenstellungen.
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung in geochemische Analysenmethoden • Aufbereitung von Gesteinsproben • Chemische Charakterisierung von umweltrelevanten Lösungen • Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Nachweisgrenzen • petrophysikalische Eigenschaften und Modelle • geoelektrische Methoden (VES, ERT, SIP, RMT) • Gesteinsradar • Magnetische Resonanz Sondierung • Geophysikalische Erkundung und Charakterisierung von Aquiferen • Kartierung von Kontaminationen • Geophysikalisches Monitoring für den Hochwasserschutz
Studien- / Prüfungsleistungen:	Mündliche Prüfung oder Klausur, Pflichtleistungsnachweis (Protokolle als Beleg) für Praktikum Geochemie I
Prüfungsdauer:	Klausur 90 min, mdl. Prüfung lt. APO
Medienformen:	Praktikum: praktische Laborarbeit an Großgeräten unter Anleitung; Besprechung und Auswertung von Ergebnissen in Gruppenarbeit; Vorlesungsskripte
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Heinrichs, H., Herrmann, A.G. (1990): Praktikum der Analytischen Geochemie, Springer-Verlag. • Vandecasteele, C., Block, C.B. (1993): Modern methods for trace element determination. - Wiley & Sons Ltd. • Gill, R. (1997), Modern analytical geochemistry, Longman • Knödel, Krummel, Lange: Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten, Band 3: Geophysik, 1997 • Reynolds: An Introduction to Applied and Environmental Geophysics

- Kirsch: Groundwater Geophysics, Springer 2006
- Rubin & Hubbard: Hydrogeophysics, Springer 2005

Modul 5 Räumliche Modellierung & GIS

Studiengang:	MSc Geoenvironmental Engineering
Modulnummer:	5
Modulbezeichnung:	Räumliche Modellierung & GIS
Lehrveranstaltungen:	Räumliche Modellierung und Analyse GIS Praktikum mit Präsentation
Semester:	1. und 2.
Modulverantwortliche(r)	Prof. Busch
Dozenten	Prof. Busch, Dr. Knospe
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum:	Pflichtmodul in o.g. Studiengang

Lehrform	SWS	Arbeitsaufwand [h] Präsenz-/ Eigenstudium (1 ECTS= 25 h)	ECTS	Kompetenzen			
				FK	MK	SK	SOK
Räumliche Modellierung und Analyse (2V/Ü)	2	28/47	3	40	30	15	15
GIS Praktikum mit Präsentation (4P)	4	56/94	5	20	30	25	25
	6	84/141	8	30	30	20	20

Voraussetzungen:	Grundlagen der Geoinformationssysteme
Lernziele:	Die Studierenden kennen Theorie und Anwendungsmöglichkeiten sowie Vor- und Nachteile verschiedener Modelltypen und Berechnungsverfahren für räumliche (2,5D und 3D) Modelle. Sie sind in der Lage fortgeschrittene Analyse- und Auswerteverfahren zur Lösung raumbezogener Probleme in Geoinformationssystemen anzuwenden sowie die Qualität und Aussagekraft der Datenbasis und der Ergebnisse zu beurteilen. Sie besitzen vertiefte Kenntnisse über die Modellierung von Geo-Objekten, den Aufbau von Attributtabelle, die Funktionalitäten zur Abfrage, zu Verschneidungen und Analysen sowie zur Kartenerstellung. Sie sind damit prinzipiell in der Lage, GIS-Projekte zu konzipieren, durchzuführen und die Ergebnisse zu präsentieren.
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none"> • Modelle, Struktur und Generierung Digitaler Geländemodelle in Geoinformationssystemen (GIS): • Gittermodell, Dreiecksmodell (TIN). • Interpolationsmethoden: Voronoi-Diagramm, Delaunay-Triangulation, Polynomapproximation, Inverse Distance Weighting, Splines, Kriging • Integration von Bruchkanten, Definition von Aussparungsflächen • Qualitätsbeurteilung digitaler, modellgenerierter Geodaten (z.B. Auswirkungen versch. Modelltypen und Interpolationsmethoden) • Analyseverfahren für raumbezogene Fragestellungen (z.B. Erzeugung von Isolinen, Neigungsberechnung, Ausrichtung einer Oberfläche, Sichtbarkeitsanalyse, Veränderung von Oberflächen, Distanzberechnungen, Erosionsberechnungen) • Praktische Anwendung erlernter Methoden mit ESRI ArcGIS und 3D Analyst • Erarbeitung einer GIS-gestützten Lösungsstrategie • Aufbau von geometrischen Modellen und Sachdatenmodellen • Anwendung von Selektionen und Verschneidungen • Anwendung von Analysewerkzeugen • Erstellung kartographischer Darstellungen • Selbständige Bearbeitung einer Aufgabenstellung, Darstellung und Erläuterung der Ergebnisse (Präsentation, schriftliche Ausarbeitung)
Studien- / Prüfungsleistungen:	Klausur Räumliche Modellierung und Analyse, schriftliche Hausarbeit (Praktikumsbericht) und Präsentation
Prüfungsdauer:	Klausur 120 min

Medienformen:	Vorlesung, Beamer-Präsentation, Skript, Rechner-Übung
Literatur:	<ul style="list-style-type: none">• Bartelme, N.: Geoinformatik, Springer Verlag, 2006• Kraus, K.: Photogrammetrie. Bd. 3. Topographische Informationssysteme, Dümmler Verlag, 2000• Molenaar, M.: An Introduction to the Theory of Spatial Object Modelling in GIS. Taylor and Francis, 1998

Modul 6 Geoprosesse und Simulation

Studiengang:	MSc Geoenvironmental Engineering
Modulnummer:	6
Modulbezeichnung:	Geoprosesse und Simulation
Lehrveranstaltungen:	Differentialgleichungen in der Langzeitsicherheitsanalyse Geotechnische Messtechnik zur Objektüberwachung mit Praktikum Geologische und geotechnische Barrieren
Semester:	2. und 3.
Modulverantwortliche(r)	Prof. Meyer
Dozenten	Prof. Röhlig, Prof. Meyer, Prof. Düsterloh
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum:	Pflichtmodul in o.g. Studiengang

Lehrform	SWS	Arbeitsaufwand [h] Präsenz-/ Eigenstudium (1 ECTS= 25 h)	ECTS	Kompetenzen			
				FK	MK	SK	SOK
Differentialgleichungen in der Langzeitsicherheitsanalyse (1V+1Ü)	2	28/47	3	45	30	15	10
Geotechnische Messtechnik zur Objektüberwachung mit Praktikum (2V/P)	2	28/47	3	45	30	15	10
Geologische und geotechnische Barrieren (1V+1Ü)	2	28/47	3	30	45	15	10
Summe	6	84/141	9	40	35	15	10

Voraussetzungen:	Einführung in die Geowissenschaften Ingenieurmathematik oder Mathematik für Naturwissenschaftler Experimentalphysik
Lernziele:	<p>Die Studierenden haben einen Überblick über die Anwendungs- und Einsatzmöglichkeiten der Geomesstechnik und sind in der Lage die geotechnischen Messelemente einzubauen und die Messergebnisse sinnvoll zu interpretieren.</p> <p>Die Studierenden haben nach Abschluss des Moduls Verständnis für die Kopplung thermischer, hydraulischer und chemischer Prozesse in potenziellen Wirtsgesteinen und die dazugehörigen numerischen Simulationsansätze der Langzeitsicherheitsanalyse entwickelt. Sie haben gelernt, diese Prozesse einzeln und im Verbund zu verstehen und ihre möglichen Auswirkungen im Fernfeld und im Nahfeld hinsichtlich des Schutzziels zu diskutieren.</p> <p>Sie kennen die wichtigsten Typen gewöhnlicher und partieller Differentialgleichungen und die gebräuchlichsten Lösungsverfahren. Sie sind mit den Eigenschaften und Problemen von numerischen Verfahren zur Lösung von Grundwasserströmungs- und Transportproblemen vertraut und können diesbezügliche Modellrechnungen konzipieren, durchführen und auswerten.</p>
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none"> • Gekoppelte Prozesse im Fernfeld und im Nahfeld • Bewertung der Einzelprozesse hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Schadstoffausbreitung • Prinzipien der numerischen Simulation für den Langzeitsicherheitsnachweis • Auswirkungen der Prozesskopplung anhand von Fallbeispielen • Numerischer Ansatz der Rückhaltefähigkeit geotechnischer und geologischer Barrieren • Simulation der Ausbreitung ausgewählter Schadstoffe und ihre Bedeutung für die Einhaltung des Schutzziels

	<ul style="list-style-type: none"> • Gewöhnliche und partielle Differentialgleichungen: Grundbegriffe und ausgewählte Lösungsverfahren • Grundlagen der Geomesstechnik, Methodik und Entwurf von Messprogrammen • Erfassung von Deformationen • Verschiebungs- und Verformungsmessungen • Erfassung hydraulischer Änderungen • Spannungs- und Verzerrungsmessungen • Beispiele von geotechnischen und geodätischen Messungen von Bauwerken • Praktischer Umgang mit den geotechnischen Messelementen • Auswertung und Interpretation der Messergebnisse
Studien- / Prüfungsleistungen:	Klausur oder mündliche Prüfung
Prüfungsdauer:	Klausur 180 min, mdl. Prüfung lt. APO
Medienformen:	Vorlesungen mit Übungen und Gesprächsanteilen, Praktikum
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Fecker, E.: Geotechnische Messgeräte und Feldversuche im Fels. Enke • Skripte zu den Vorlesungen

Modul 7 Nachhaltigkeit

Studiengang:	MSc Geoenvironmental Engineering
Modulnummer:	7
Modulbezeichnung:	Nachhaltigkeit
Lehrveranstaltungen:	Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement Nachhaltigkeit und Globaler Wandel
Semester:	4.
Modulverantwortliche(r)	Prof. Schenk-Mathes
Dozenten	Prof. Schenk-Mathes, Prof. Berg
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum:	Pflichtmodul in o.g. Studiengang

Lehrform	SWS	Arbeitsaufwand [h] Präsenz-/ Eigenstudium (1 ECTS= 25 h)	ECTS	Kompetenzen			
				FK	MK	SK	SOK
Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement (2V/Ü)	2	28/47	3	50	20	20	10
Nachhaltigkeit und Globaler Wandel (2V)	2	28/47	3	40	10	30	20
Summen	4	56/94	6	45	15	25	15

Voraussetzungen:	
Lernziele:	Die Studierenden beherrschen die Grundlagen für das Verständnis von Ursachen und Dimensionen des Globalen Wandels, des Konzepts planetarer Grenzen sowie des Leitprinzips der Nachhaltigkeit. Sie verstehen wichtige Treiber für die Veränderung von Ökosystemen und haben beispielhaft Handlungsspielräume für Lösungsansätze von Akteuren in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft kennengelernt. Auf betrieblicher Ebene sind sie mit Vorgehensweisen zur strategischen Positionierung und Umsetzung von Produktprogrammen unter Berücksichtigung von Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekten vertraut. Im operativen Umweltmanagement kennen die Studierenden Modelle zur Produktionsplanung, Transport- und Tourenplanung sowie zur Lagerplanung und sind in der Lage, entsprechende Optimierungsansätze aufzustellen und passende Lösungsverfahren bzw. Heuristiken auszuwählen. Schließlich kennen sie Konzepte der organisations- und produktbezogenen Umweltberichterstattung durch Unternehmen.
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none"> • Begriffe und Konzepte: Nachhaltigkeit, Globaler Wandel, Ökosystemleistungen, Planetare Grenzen, Syndromansatz • Befunde: Stoffeinträge (N, P, POPs etc.), Klimawandel, Ressourcen (Wasser, Rohstoffe, Boden/Fläche, Biolog. Vielfalt), Energie, Bevölkerung • Treiber: Gründe für Nicht-Nachhaltigkeit, Globale Vernetzung, Globale Wirtschaft • Akteure und Lösungsansätze: Politik (Ordnungspolitik, Fiskalpolitik, Wettbewerbspolitik), Wirtschaft (Gründe für Corporate Sustainability), Zivilgesellschaft (Beispiele zivilgesellschaftlicher Initiativen) • Betriebliche Ebene: Strategische Instrumente des Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagements • Organisation und Nachhaltigkeit • Beurteilung von Umweltschutzinvestitionen • Operative Fragestellungen des Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagements • Umweltmanagementsysteme, Umwelt-Audit und Umweltkennzeichnung
Studien- / Prüfungsleistungen:	Mündliche Prüfung oder Klausur
Prüfungsdauer:	Klausur 180 min, mdl. Prüfung lt. APO
Medienformen:	Vorlesung, Beamer-Präsentation, Foliensammlung/Handout
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Berg, Chr.: Vernetzung als Syndrom, Campus: Frankfurt 2005

- Dyckhoff, H., und M. Souren: Nachhaltige Unternehmensführung: Grundzüge industriellen Umweltmanagements, Springer: Berlin, Heidelberg 2008
- Jischa, M. F.: Herausforderung Zukunft, Technischer Fortschritt und Globalisierung; zweite (stark veränderte) Auflage, Elsevier, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2005
- Millenium Ecosystem Assessment: Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends, hg. von R. Hassan et al., Washington 2005
- Müller-Christ, Georg: Nachhaltiges Management, Nomos: Baden-Baden 2010
- Wijkman, A., Rockström, J., Bankrupting Nature, London/New York 2012
- Diverse Studien des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU), vor allem Jahresgutachten 1996,2004, 2011 Berlin 1996, 2004, 2011

Modul 8 Georisiken

Studiengang:	MSc Geoenvironmental Engineering
Modulnummer:	8
Modulbezeichnung:	Georisiken
Lehrveranstaltungen:	Vulkanische Georisiken Erdbeben
Semester:	3.
Modulverantwortliche(r)	Dr. Müller
Dozenten	Dr. Spies, Dr. Müller
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum:	Pflichtmodul in o.g. Studiengang

Lehrform	SWS	Arbeitsaufwand [h] Präsenz-/ Eigenstudium (1 ECTS= 25 h)	ECTS	Kompetenzen			
				FK	MK	SK	SOK
Vulkanische Georisiken (1V)	1	14/36	2	60	30	5	5
Erdbeben (2V)	2	28/47	3	40	30	15	15
Summen	3	42/83	5	50	30	10	10

Voraussetzungen:	Grundkenntnisse der Geowissenschaften, gute Kenntnisse in Mathematik und Physik (partielle Differentialgleichungen); Wellentheorie; Eigenschaften von Festkörpern,
Lernziele:	Die Studierenden haben nach Absolvierung des Moduls einen Überblick über Vorkommen, Typen und Mechanismen vulkanischer und seismischer Aktivität auf der Erde, der damit verbundenen Risiken für den Menschen und geeigneter Methoden der Überwachung und Gefährdungsabschätzung.
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none"> • Geotektonische Ursachen und Mechanismen vulkanischer Tätigkeit. • Explosive und effusive Tätigkeit und Produkte vulkanische Formen und Produkte • Gefährdungsklassifikationen und-skalen (z.B. VEI), Fallbeispiele • Überwachungs- und Messverfahren • Gefährdungsabschätzung und Vorsorge • Ausbreitung elastischer Wellen • Modelle zu Erbebenquellen: künstliche und natürliche (tektonische) Ursachen • Messung von Erdbebenwellen (Seismometrie) • Wirkung von Erdbeben auf Menschen Bauwerke • Größen zur Beschreibung der Stärke eines Erdbebens (Intensität, Magnitude, seismisches Moment); Vorhersage und Vorsorge.
Studien- / Prüfungsleistungen:	Mündliche Prüfung oder Klausur
Prüfungsdauer:	Klausur 240 min, mdl. Prüfung lt. APO
Medienformen:	Vorlesung, Skript, Beamer-Präsentation
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Sigurdsson, H. (ed.) (2000): Encyclopedia of Volcanoes. Academic Press, San Diego. • Schmincke, H. U. (2004): Volcanism. Springer, Berlin. • Scarpa, R. & Tilling, R. (eds)(1996): Monitoring and Mitigation of Volcano Hazards. Springer, Berlin. • Aki, K. & Richards, P.G. (2002): Quantitative Seismology. • Bath, M. & Berkhout, A.J. (1984): Mathematical Aspects of Seismology. Elsevier, Amsterdam. • Berckhemer, H. (1990): Grundlagen der Geophysik. Wiss. Buchges. Darmstadt. • Bolt, B.A. (2005): Earthquakes. Freeman, New York. • Richter, C.F. (1958): Elementary Seismology. Freeman, San Francisco. • Stein, S. & Wysession, M. (2003): An Introduction to Seismology, Earthquakes and Earth Structure. Blackwell, Malden.

Modul 9 Bergschadenkunde & Sicherungsmaßnahmen

Studiengang:	MSc Geoenvironmental Engineering
Modulnummer:	9
Modulbezeichnung:	Bergschadenkunde & Sicherungsmaßnahmen
Lehrveranstaltungen:	Strata- and Ground Movements Erdrutschungen und Sicherungsmaßnahmen
Semester:	1. und 2.
Modulverantwortliche(r)	Prof. Meyer
Dozenten	Dr. Wings, Prof. Gursky, Prof. Meyer
Sprache	Englisch, Deutsch
Zuordnung zum Curriculum:	Wahlpflichtmodul in o.g. Studiengang (Pflichtmodul im Studienschwerpunkten „Geotechnik“ und „Geomonitoring“)

Lehrform	SWS	Arbeitsaufwand [h] Präsenz-/ Eigenstudium (1 ECTS= 25 h)	ECTS	Kompetenzen			
				FK	MK	SK	SOK
Strata- and Ground Movements (1V)	1	14/36	2	40	30	15	15
Erdrutschungen und Sicherungsmaßnahmen (2V)	2	28/47	3	40	35	20	5
	3	42/83	5	40	30	15	15

Voraussetzungen:	
Lernziele:	Die Studierenden verstehen die gebirgsmechanische Wirkungskette, von der Entstehung eines untertägigen bergmännischen Hohlraums bis hin zur Deformation an der Tagesoberfläche. Sie haben einen Überblick über die Möglichkeiten zur Erfassung von Bodenbewegungen. Sie können Bodenbewegungen klassifizieren und können Möglichkeiten zur Minderung zuordnen. Die Studierenden haben einen Überblick über die Ursachen von Erdrutschungen und deren Sicherungs- bzw. Sanierungsmaßnahmen.
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung in die Thematik Gebirgsbewegungen und Bodenbewegungen • Methoden zur Erfassung von Bodenbewegungen • Bodendeformationen und Objektdeformationen • Vorausberechnung von Bodenbewegungen • Bergschäden durch Altbergbau • Risikobeurteilung von Verdachtsflächen • Rechtliche Regelungen und Maßnahmen zur Minderung von Bergschäden • Ursachen und Formen von Rutschungen • Bauverfahren und Berechnungen von Hang- und Böschungssicherungen • Entwurf –und Dimensionierungsmethoden • Stützkonstruktionen • Hangverdübelungen • Entwässerungsmaßnahmen
Studien- / Prüfungsleistungen:	Klausur
Prüfungsdauer:	180 min
Medienformen:	Vorlesung, Skript, Beamer-Präsentation
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Kratzsch, H.: Bergschadenkunde, D.M.V.-Verlag, 2002. • Empfehlung „Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau“. In: Proceedings zum 4. Altbergbau-Kolloquium, 4.-6.11.2004, Leoben. Glückauf-Verlag, 2004. • Prinz, H.: „Abriss der Ingenieurgeologie“, Enke Verlag • Grundbau Taschenbuch, Teil 3, Ernst & Sohn Verlag

Modul 10 Baustofflehre

Studiengang:	MSc Geoenvironmental Engineering
Modulnummer:	10
Modulbezeichnung:	Baustofflehre
Lehrveranstaltungen:	Baustofflehre
Semester:	1.
Modulverantwortliche(r)	Prof. Wolter
Dozenten	Prof. Wolter
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum:	Wahlpflichtmodul in o.g. Studiengang (Pflichtmodul im Studienschwerpunkt „Geotechnik“). Als Einzelveranstaltung in folgende Studiengänge integriert: MSc Chemie, SR Angewandte Chemie – AFB 2007, MSc Werkstofftechnik – AFB 2011, BSc Energie und Rohstoffe, SR Energie- und Rohstoffversorgungstechnik – AFB 2007 geänd. 2009, BSc Energie und Rohstoffe – AFB 2007 geänd. 2009. Msc Umweltverfahrenstechnik und Recycling – AFB 2012

Lehrform	SWS	Arbeitsaufwand [h]		ECTS	Kompetenzen			
		Präsenz-/	Eigenstudium		FK	MK	SK	SOK
		(1 ECTS= 25 h)						
Baustofflehre (3V/Ü)	3	42	58	4	40	40	10	10

Voraussetzungen:	
Lernziele:	Die Studierenden erwerben fundamentale Kenntnisse über Baustoffe, ihre Einsatzbereiche, Stärken und Schwächen sowie deren Wechselbeziehungen zur Beanspruchung, abgeleitet daraus die Dauerhaftigkeit (Werkstoffschwerpunkt: Beton). Durch die Übungen zu Gesteinskörnungen, Betoneigenschaften, -Rezepturen, Expositionsclassen nach EN 206-1 u.a.m. wird das Basiswissen der Betontechnologie gefestigt und praktisch anwendbar gemacht.
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung in die Baustoffkennwerte: Art, Charakteristika, Festigkeit, Beständigkeit etc. • Naturstein und Massenbaustoffe: Auswahl nach Eignung und Umgangsregeln • Mörtel und Beton: Systematik der Mörtel und Betone, Frisch- und Festbetoneigenschaften, Straßenbeton, Faserbeton, Spritzbeton, Beton für besondere Anforderungen, Dauerhaftigkeit, Instandsetzung, Prüfung, Normung und Überwachung • Bituminöse Baustoffe: Einteilung und Merkmale von Bitumen, Asphalt und Pech, Verwendungsformen im Straßen- und Wasserbau, Prüfung, Normung und Überwachung • Andere Baustoffe (Überblick) • Ggf. findet zusätzlich eine Bauschadensbegehung statt, zwecks praktischer Anschauung zur Dauerhaftigkeit von Baustoffen
Studien- / Prüfungsleistungen:	Klausur
Prüfungsdauer:	120 min
Medienformen:	Vorlesung und Übung
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Wendehorst Baustoffkunde (27. Aufl.) Grundlagen - Baustoffe - Oberflächenschutz, Günter Neroth u.a. (Hrsg.), Verlag:Vieweg+Teubner (2011), ISBN-10:3-8348-9919-4 • Knöfel: Baustoffchemie, Verlag für Bauwesen + Bauverlag, 1997 • Scholz: Baustoffkenntnis, Werner-Verlag, Düsseldorf, 1995

Modul 11 Deponietechnik und FEM

Studiengang:	MSc Geoenvironmental Engineering
Modulnummer:	11
Modulbezeichnung:	Deponietechnik und FEM
Lehrveranstaltungen:	Sicherheitsnachweise in der Deponietechnik Angewandte Finite Elemente
Semester:	2.
Modulverantwortliche(r)	Prof. Hou
Dozenten	Prof. Lux, Prof. Hou
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum:	Wahlpflichtmodul in o.g. Studiengang (Pflichtmodul im Studienschwerpunkt „Geotechnik“)

Lehrform	SWS	Arbeitsaufwand [h] Präsenz-/ Eigenstudium (1 ECTS= 25 h)	ECTS	Kompetenzen			
				FK	MK	SK	SOK
Sicherheitsnachweise in der Deponietechnik (2V)	2	28/47	3	40	35	20	5
Angewandte Finite Elemente (2V/Ü)	2	28/47	3	40	30	15	15
Summen	4	56/94	6	40	32.5	17.5	10

Voraussetzungen:	Grundlagen der Deponietechnik und Grundlagen der Finite Elemente Methode
Lernziele:	<p>Die Studierenden verstehen nach Abschluss der Lehrveranstaltung die sicherheitstheoretischen Grundlagen in Teilbereichen der Geotechnik, hier insbesondere in der Deponietechnik und bei Hangsicherungsmaßnahmen.. Einzelne Nachweisführungen werden beherrscht, sodass eigene einfache Berechnungen und eine weiterführende eigene Vertiefung möglich sind.</p> <p>Planung von FE-Projekten, Modellbildung, Durchführung von FE-Analysen, Evaluation von FE-Analysen, Validierung von FE-Analysen, Dokumentation von FE-Projekten, Grenzen der Finite-Elemente-Methode</p> <p>Die Studierenden können nach Abschluss der Lehrveranstaltung die komplexen Ziele, Aufgaben, Modellbildungen, Durchführungen, Ergebnisbewertungen und Grenzen von Finiten Elementen in der Geotechnik im Zusammenhang verstehen und die spezifischen Fragestellungen der Geotechnik (z.B. Böschung und Damm, Tunnel und Strecke, Baugrube, Felskaverne, Kammer-Pfeiler-Tragsystem usw.) mit einem FEM-Programm numerisch simulieren.</p>
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung in die Sicherheitstheorie • geotechnische Planung und Sicherheitsnachweise für überstädtische Deponien • Standortauswahlverfahren und Standorterkundung • geotechnische Sicherheitsnachweise • geohydraulische Aspekte • Ermittlung von Materialkennwerten • FEM in der Geotechnik • Stoffmodelle für Fels und Boden • Anwendungen der FEM in der Geotechnik: Planung von FE-Projekten, numerische Modellbildung, Durchführung von FE-Analysen, Evaluation von FE-Analysen, Validierung von FE-Analysen, Dokumentation von FE-Projekten, Grenzen der Finite-Elemente-Methode • Praktische Anwendungen der FEM anhand von Beispielen (Böschung und Damm, Tunnel und Strecke, Baugrube, Felskaverne, Kammer-Pfeiler-Tragsystem usw.) • Einführung zum FEM-Programm PLAXIS oder FDM-Programm FLAC3D • Übungen mit dem FEM-Programm PLAXIS oder FDM-Programm FLAC3D • Be- und Auswertung von Berechnungsergebnissen

Studien- / Prüfungsleistungen:	Mündliche Prüfung oder Klausur
Prüfungsdauer:	Klausur 180 min, mdl. Prüfung lt. APO
Medienformen:	Vorlesung - ein Teil der Zeit wird als Lehrgespräch mit den Studierenden durchgeführt
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • GDA – Empfehlungen • Drescher: Deponiebau • NLÖ: Anforderungen an Siedlungsabfalldeponien (Deponiehandbuch) • Aktuelle Fachpublikationen • Vorlesungsskripte • Zienkiewicz, O.C. (1984): Methode der Finiten Elemente, „Studienausgabe“. • Owen, D.R.J. & Hinton, E. (1980): Finite Elements in Plasticity. • Müller, G. & Groth Clements (2000): FEM für Praktiker – Band 1: Grundlagen. Expert Verlag. • Klein, B. (1990): FEM – Grundlage und Anwendung. • Hou, Z.: Geomechanische Planungskonzepte für untertägige Tragwerke mit besonderer Berücksichtigung von Gefügeschädigung, Verheilung und hydromechanischer Kopplung. Habilitationsschrift an der TU Clausthal, 2002.

Modul 12 Tunnelbau & Tunnelstatik

Studiengang:	MSc Geoenvironmental Engineering
Modulnummer:	12
Modulbezeichnung:	Tunnelbau & Tunnelstatik
Lehrveranstaltungen:	Tunnelbau Tunnelstatik
Semester:	2. und 3.
Modulverantwortliche(r)	Prof. Meyer
Dozenten	Prof. Meyer, Prof. Lux
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum:	Wahlpflichtmodul in o.g. Studiengang (Pflichtmodul im Studienschwerpunkt „Geotechnik“)

Lehrform	SWS	Arbeitsaufwand [h] Präsenz-/ Eigenstudium (1 ECTS= 25 h)	ECTS	Kompetenzen			
				FK	MK	SK	SOK
Tunnelbau (2V)	2	28/47	3	30	50	10	10
Tunnelstatik (2V)	2	28/47	3	40	30	20	10
Summen	4	56/94	6	35	40	15	10

Voraussetzungen:	Grundlagen der Geomechanik und Technische Mechanik
Lernziele:	Die Studierenden haben einen Überblick über die verschiedenen Tunnelbauweisen in unterschiedlichen Gesteinsarten. Sie können untertägige Tragsysteme im Festgebirge (Fels) in ihrem Tragverhalten (Gebirgsaufbau, Materialeigenschaften, Konstruktion) verstehen und charakterisieren, die Grundlagen der Sicherheitsnachweise erläutern und anwenden sowie grundsätzliche Analysen zum Tragverhalten durchführen.
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none"> • Planung und Entwurf von Tunneln • Gebirgsaufbau, Gebirgsbeurteilung • Unterirdische Bauwerke in offener Bauweise • Tunnelbauweisen in Lockergesteinen • Tunnelbauweisen in Festgesteinen • Maschinellem Tunnelbau im Schildvortrieb • Felsmechanische Berechnungen • Grundlagen, Methodik, Ziele • Kontinuumsmechanik – Diskontinuumsmechanik • Stoffmodelle • Spannungs- und Verformungszustände in der Umgebung untertägiger bergmännisch aufgefahrener Hohlräume • Grundlegende Annahmen und Voraussetzungen • Hohlräume ohne Ausbau • Hohlräume mit Ausbau • Hohlraum mit kreisförmigem Querschnitt – Bettungsmodelltheorie, Kontinuumstheorie, Kontinuumstheorie in Verbindung mit der Theorie des Ausbauwiderstandes • Einfluss des nichtlinearen Materialverhaltens von Spritzbeton • Betrachtung von Bauzuständen
Studien- / Prüfungsleistungen:	Mündliche Prüfung oder Klausur
Prüfungsdauer:	Klausur 120 min, mdl. Prüfung lt. APO
Medienformen:	Vorlesung, ein Teil der Zeit wird als Lehrgespräch mit den Studierenden geführt; Vorlesungsskripte
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • „Unterirdisches Bauen“, Studienunterlagen des Institutes für Grundbau u. Bodenmechanik der TU Braunschweig

- Gattermann, J.; „Maschinelles Tunnelbau im Schildvortrieb“, TU Braunschweig
- Lux, Rokahr (1986): Zur Vorbemessung tiefliegender Tunnel im Fels
- Wittke (1999): Tunnelstatik - Grundlagen
- Müller: Der Felsbau
- Aktuelle Fachpublikationen

Modul 13 Erd- & Grundbau

Studiengang:	MSc Geoenvironmental Engineering
Modulnummer:	13
Modulbezeichnung:	Erd- und Grundbau
Lehrveranstaltungen:	Erd- und Grundbau III Spezialtiefbau
Semester:	2. und 3.
Modulverantwortliche(r)	Prof. Meyer
Dozenten	Prof. Meyer
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum:	Wahlpflichtmodul in o.g. Studiengang (Pflichtmodul im Studienschwerpunkt „Geotechnik“)

Lehrform	SWS	Arbeitsaufwand [h] Präsenz-/ Eigenstudium (1 ECTS= 25 h)	ECTS	Kompetenzen			
				FK	MK	SK	SOK
Erd- und Grundbau III (3 V/Ü)	3	42/58	4	4	20	50	10
Spezialtiefbau (1V)	1	14/36	2	2	20	30	30
Summen	4	56/94	6	6	20	40	20

Voraussetzungen:	Keine
Lernziele:	Die Studierenden haben einen Überblick über die Anwendungs- und Einsatzmöglichkeiten von geotechnischen Sicherungsmaßnahmen für den Hochwasser- und Umweltschutz. Sie haben einen Überblick über verschiedene Spezialtiefbaumaßnahmen und können Verknüpfungen mit den Vorlesungen Erd- und Grundbau und „Geomesstechnik“ herstellen
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none"> • Hochwasserschutz • Dämme, Deiche, Dichtwände • Bauwerksschutz • Bauen mit Geokunststoffen • Vorstellung aktueller Spezialtiefbauprojekte • Planung, Berechnungen und Ausführungen • Kostensituation bei Spezialtiefbauprojekten
Studien- / Prüfungsleistungen:	Mündliche Prüfung oder Klausur
Prüfungsdauer:	Klausur 180 min, mdl. Prüfung lt. APO
Medienformen:	Vorlesung, Beamer-Präsentation, betreute Übungen
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Eigenes Script zur Vorlesung • Grundbau Taschenbuch, Teil1 bis 3, Ernst & Sohn Verlag • Herrmann, R.A.; Jensen, J (2003): „Sicherung von Dämmen und Deichen“, Universitätsverlag Siegen

Modul 14 Untertägige Speicher

Studiengang:	MSc Geoenvironmental Engineering
Modulnummer:	14
Modulbezeichnung:	Untertägige Speicher
Lehrveranstaltungen:	Planung und Bau von Kavernenspeichern Markscheiderische Aufgaben für den Betrieb untertägiger Speicher
Semester:	3.
Modulverantwortliche(r)	Prof. Lux
Dozenten	Prof. Lux, Dipl.-Ing. Weidenbach
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum:	Wahlpflichtmodul in o.g. Studiengang (Pflichtmodul im Studienschwerpunkt „Geotechnik“)

Lehrform	SWS	Arbeitsaufwand [h] Präsenz-/ Eigenstudium (1 ECTS= 25 h)	ECTS	Kompetenzen			
				FK	MK	SK	SOK
Planung und Bau v. Kavernenspeichern (2V/Ü)	2	28/47	3	40	35	20	5
Markscheiderische Aufgaben beim Betrieb untertägiger Speicher und UT-Deponien (1V)	1	14/36	2	40	25	20	5
Summen	3	42/83	5	40	25	20	5

Voraussetzungen:	Grundlagen der Gebirgs- und Bodenbewegungen
Lernziele:	Die Studierenden können die Ziele, Aufgaben, Inhalte der Planung, Bau und Betrieb von Kavernenspeichern im Zusammenhang verstehen und einfache Planungsaufgaben bearbeiten. Sie beherrschen darüber hinaus die Grundlagen spezieller markscheiderischer Vermessungs- und Berechnungsverfahren sowie der risslichen Dokumentation von untertägigen Speichern.
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none"> • Salzkavernenbau – Entwicklung und Bedeutung • Salzlagerstätten – Entstehung und Aufbau • Exploration und Gebirgsmodell • Geotechnische / mechanische Charakteristika von Salzkavernen • Entwurfs- und Planungskonzept / technische Regelwerke • Grundlagen der Salzmechanik • Geotechnische Planung einer Salzkaverne (Erdgasspeicherung; Geotechnisches Tragsystem, Grundsätzliche Anforderungen, Methodik der Nachweisführung, Geotechnische Nachweise (Übersicht, Standsicherheit, Dichtheit, Drittschutz)) • Genehmigungsverfahren • Bau von Salzkavernen (Kavernenbohrung und bohrtechnische Planung, Aussolung und soltechnische Planung, Überwachung des Solprozesses) Betrieb von Speicherkavernen (Umrüstung und Inbetriebnahme, Erdöl – Speicherkavernen, Erdgas – Speicherkavernen, Druckluft – Speicherkavernen) • Geotechnische Betriebsüberwachung und Betriebsplanung (Monitoring, Dokumentation der Fahrweise / Fahrweisenprogramm, Gaswirtschaftliche Planung) • Stilllegung von Speicherkavernen • Druckluftspeicherkavernen • Abfallentsorgungskavernen (Gesetzliche Grundlagen, Geotechnische Planung und Sicherheitsnachweise, Betrieb von Abfallkavernen, Stilllegung von Abfallkavernen) • Arten untertägiger Speicher • Gesetzliche Grundlagen • Oberflächenbeobachtungen



	<ul style="list-style-type: none">• Hohlraumvermessung• Flächen- und Volumenbestimmung• Konvergenzanalyse• Bodenbewegungsvorausrechnungen• Visualisierung• Anforderungen an Speicherrisse
Studien- / Prüfungsleistungen:	Mündliche Prüfung oder Klausur
Prüfungsdauer:	Klausur 180 min, mdl. Prüfung lt. APO
Medienformen:	Vorlesung, Übung
Literatur:	<ul style="list-style-type: none">• Katz, D. L.; Lee, R. L.: Natural Gas Engineering - Production and Storage. McGraw-Hill Publ. Co., 1990, 760 S.• Griesbach, H; Heinze, F.: <i>Untergrundspeicherung; Exploration, Errichtung, Betrieb.</i> verlag moderne industrie 1996. Landsberg/Leeh• Sedlacek, R.: <i>Untertage Gasspeicherung in Deutschland, Erdöl Erdgas Kohle</i>, 11, 2006, S. 389-400• Tek, M. R.: <i>Natural Gas Underground Storage: Inventory and Deliverability.</i> PennWell Publishing Co. 1996• Aktuelle Fachpublikationen• Vorlesungsskripte• Verordnung über markscheiderische Arbeiten und Beobachtungen der Oberfläche (MarkschBergV) vom 19.12.1986 Bundesgesetzblatt Teil I, S. 2631.• DIN 21901 ff - Bergmännisches Rißwerk - Normenausschuß Bergbau (FABERG) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.• Hensel, G.: <i>Meßtechnische Überwachung eines Grubengebäudes, Das Markscheidewesen, Heft 2, 1994</i>• Pollmann, H., Reitze, A.: <i>Das bergmännische Rißwerk auf EDV-Grundlage - eine Lösung für Kavernenspeicheranlagen, Das Markscheidewesen 1991, H. 4</i>• Sedlacek, R., Kristoff, G. St.: <i>Untertagespeicher in Deutschland; Erdöl Erdgas Kohle, Heft 9, 1993</i>• Patzke, H.-G.: <i>Verfahrensrechtliche Erfordernisse für Errichtung, Betrieb und Stilllegung von Kavernen, Schriftenreihe Abt. Geomechanik in Bergbau, Tunnelbau und Deponietechnik, Inst, für Bergbau, TU Clausthal, Heft 6/1995</i>• Walther, C.: <i>Das Aufgabenfeld einer Markscheiderei im Endlagerbergbau. Das Markscheidewesen, 97 (1990) Nr. 1.</i>

Modul 15 Geochemie & Hydrogeochemie

Studiengang:	MSc Geoenvironmental Engineering
Modulnummer:	15
Modulbezeichnung:	Geochemie & Hydrogeochemie
Lehrveranstaltungen:	Praktikum Geochemie II Angewandte hydrogeochemische Stoffflussmodellierung
Semester:	1.
Modulverantwortliche(r)	Prof. van Berk
Dozenten	Prof. Mengel, Dr. Schirmer, Prof. van Berk
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum:	Wahlpflichtmodul in o.g. Studiengang (Pflichtmodul im Studienschwerpunkt „Geoumweltmedien“).

Lehrform	SWS	Arbeitsaufwand [h]		ECTS	Kompetenzen			
		Präsenz-/	Eigenstudium		FK	MK	SK	SOK
		(1 ECTS= 25 h)						
Angewandte hydrogeochemische Stoffflussmodellierung (4 V/Ü)	4	56/119		7	20	50	20	10
Praktikum Geochemie II (2P)	2	28/47		3	20	50	20	10
Summen	6	84/166		10	20	50	20	10

Voraussetzungen:	Grundlagen der anorganischen und analytischen Chemie, der Geowissenschaften, der Geochemie, der Hydrogeologie, der hydrogeochemischen Stoffkreisläufe und der hydrogeochemischen Berechnung von Stoffflüssen durch die Hydrogeosphäre
Lernziele:	Die Studierenden sind in der Lage, unter Anleitung und Aufsicht geochemische Analysen an Festkörpern und an Lösungen durchzuführen. Weiterhin sind sie in der Lage, geochemische Datensätze hinsichtlich Reproduzierbarkeit und Genauigkeit zu beurteilen. Die Studierenden können nach Abschluss des Moduls für reale Systeme der Hydrogeosphäre konzeptionelle Modelle des hydrogeochemischen Stoffflusses aufstellen, die konzeptionellen Modelle in numerische Modelle bzw. Eingabedateien für das Rechenprogramm PhreeqC überführen, die numerische Modellierung bzw. Berechnung durchführen und Ergebnisse der Berechnung auswerten, interpretieren, bewerten und nutzen. Sie können den Bezug solcher Modellierungen zur geochemischen Untersuchung der Hydrogeosphäre herstellen.
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none"> • Röntgenographische Methoden (RDA, RFA, EMPA)? • Spurenelementanalyse (Schwermetalle) umweltrelevanter Wässer • Modellierung der Auswirkungen von Braunkohleabraumkippen auf die Grundwasserbeschaffenheit • Modellierung der Entwicklung Grund- und Rohwasserbeschaffenheit für Wassergewinnungsanlagen die durch Nitratreintrag belastet sind • Ionenbilanzen, normative Verfahren, Qualitätssicherung an praktischen Beispielen
Studien- / Prüfungsleistungen:	Klausur Angewandte hydrogeochemische Stoffflussmodellierung, Pflichtleistungsnachweis (Beleg) für Geochemie II
Prüfungsdauer:	Klausur 90 min
Medienformen:	Praktische Laborarbeit an Großgeräten unter Anleitung; Besprechung und Auswertung von Ergebnissen in Gruppenarbeit. Fallbasiertes Lernen als geocoachte Gruppenarbeit am eigenen Computer; Diskussion der Ergebnisse und Vergleich mit professionellen Lösungen.
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Heinrichs, H., Herrmann, A.G. (1990): Praktikum der Analytischen Geochemie, Springer-Verlag.

- Vandecasteele, C., Block, C.B. (1993): Modern methods for trace element determination. - Wiley & Sons Ltd.
- Grenville, H., Eaton, A.N. (1991): Applications of plasma source mass spectrometry. - Thomas Graham House, Cambridge.
- Schmidt, K.H., Gebel, A.: Skript Einführung in die ICP-MS-Analytik
- Weiß, J. (2001), Ionenchromatographie, Wiley-VCH
- Sigg, Stumm: Aquatische Chemie
- Appelo, Postma: Geochemistry, groundwater and pollution
- Merkel, Planer-Friedrich: Grundwasserchemie
- Stumm, Morgan: Aquatic Chemistry
- Rechenprogramm: Parkhurst, D.L., Appelo, C.A.J. (1999): Users Guide to PhreeqC (Version 2) – a computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations.– U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 99-4259; Denver, Colorado. Kostenlos vom U.S. Geological Survey erhältlich.

Modul 16 Bodensanierung & Abwassertechnik

Studiengang:	MSc Geoenvironmental Engineering
Modulnummer:	16
Modulbezeichnung:	Bodensanierung & Abwassertechnik
Lehrveranstaltungen:	Bodensanierung Abwassertechnik II
Semester:	2.
Modulverantwortliche(r)	Dr. Kähler
Dozenten	Dr. Kähler
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum:	Wahlpflichtmodul in o.g. Studiengang (Pflichtmodul im Studienschwerpunkt „Geoumweltmedien“)

Lehrform	SWS	Arbeitsaufwand [h] Präsenz-/ Eigenstudium (1 ECTS= 25 h)	ECTS	Kompetenzen			
				FK	MK	SK	SOK
Bodensanierung (2V)	2	28/47	3	50	30	10	10
Abwassertechnik II (2V)	2	28/47	3	50	30	10	10
Summen	4	56/94	6	50	30	10	10

Voraussetzungen:	Abwassertechnik I , Bodenkunde und Bodenbehandlung
Lernziele:	Die Studierenden können die Verfahren zur Bodensanierung im Zusammenhang verstehen, für die Bearbeitung eines gegebenen Sanierungsfalles geeignet auswählen und betreiben. Sie kennen die grundlegenden Behandlungsverfahren in der kommunalen und industriellen Abwassertechnik und sind in der Lage, komplexe Abläufe in der Abwasserreinigung zu beurteilen. Ein Schwerpunkt ist die Vermittlung neuer Entwicklungstendenzen in Bodensanierung und Abwassertechnik.
Inhalt:	Aufbauend auf den Kenntnissen der biologischen, naßmechanischen und thermischen Verfahren der Bodenbehandlung sowie der kommunalen Abwasserbehandlung führt das Modul „Bodensanierung und Abwassertechnik“ in die Techniken der modernen Verfahren ein. Bei der Bodensanierung sind dies im wesentlichen die Grundwasserreinigung mit den Methoden ähnlich der Abwasserbehandlung und die In-situ-Verfahren zur Anregung des biologischen Abbaus durch Belüftung des Grundwassers. Auch bei der Abwassertechnik werden die biologischen Methoden am Beispiel verschiedener verfahrenstechnischer Umsetzungen vertieft und sowohl auf Kleinkläranlagen als auch auf die Behandlung hochbelasteter Industrieabwässer angewendet. Die Anaerobtechnik und die Klärschlammbehandlung vervollständigen die biologischen Methoden. Als chemische Methoden werden die Immobilisierung insbesondere von Schwermetallen im Boden und die Fällung der Schwermetalle aus Abwässern dargestellt. Zukunftsweisend sind der Einsatz von Reinigungswänden bei geringen Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser und die Rückgewinnung von Wasser durch Membrantechnik oder Ionenaustausch bei industriellen Abwässern. Zusätzlich wird eine Anleitung zur Abwassermeidung durch Kreislaufführung von Prozeßwässern gegeben.
Studien- / Prüfungsleistungen:	Klausur
Prüfungsdauer:	Klausur 180 min
Medienformen:	Vorlesung, Beamer-Präsentation, Skript, Exkursion
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Franzius: Handbuch der Altlastensanierung • Fachzeitschrift „altlastenspektrum“ • Fachzeitschrift „TerraTech“ (Supplement der wlb) • Brauer: Handbuch des Umweltschutzes: Behandlung von Abwasser • Bischofsberger: Anaerobtechnik • Hartinger: Handbuch der Abwassertechnik für die metallverarbeitende Industrie

Modul 17 Grundwasser und Bodenschutz

Studiengang:	MSc Geoenvironmental Engineering
Modulnummer:	17
Modulbezeichnung:	Grundwasser und Bodenschutz
Lehrveranstaltungen:	Aufbereitung von Grund- und Rohwässern Praktikum zur Wasseraufbereitung Gefährdungsabschätzung (Schutzgut Grundwasser) Bodenschutz
Semester:	2. und 3.
Modulverantwortliche(r)	Prof. van Berk
Dozenten	Prof. van Berk, Dr. Kähler, Dr. Utermann
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum:	Wahlpflichtmodul in o.g. Studiengang (Pflichtmodul im Studienschwerpunkt „Geoumweltmedien“)

Lehrform	SWS	Arbeitsaufwand [h] Präsenz-/ Eigenstudium (1 ECTS= 25 h)	ECTS	Kompetenzen			
				FK	MK	SK	SOK
Aufbereitung von Grund- und Rohwässern (2V/Ü)	2	28/22	2	30	35	30	5
Praktikum zur Wasseraufbereitung (1P)	1	14/36	2	30	35	30	5
Gefährdungsabschätzung (Schutzgut Grundwasser) (2 V/Ü)	2	28/47	3	20	20	50	10
Bodenschutz (2V)	2	28/47	3	60	30	5	5
Summen	7	98/152	10	36,67	28,33	28,33	6,67

Voraussetzungen:	Kenntnisse der Hydrogeologie, der hydrogeochemischen Stoffkreisläufe, der Berechnung von Stoffflüssen durch die Hydrogeosphäre, der Probenahmetechnik für Grundwasser und Boden, der chemisch-analytischen Methoden zur Untersuchung von Grundwasser und Boden
Lernziele:	Die Studierenden sollen Theorie und Praxis der Verfahren/Methoden zur physikalischen und chemischen Aufbereitung verschiedener Wasserressourcen für die Trinkwassergewinnung kennen. Sie sollen gelernt haben, wie die Aufbereitung an die chemische Beschaffenheit der jeweiligen Ressource anzupassen ist. Sie sollen die gestufte Vorgehensweise bei der praktischen Durchführung einer Gefährdungsabschätzung für den Pfad Grundwasser (Stoffeintrag aus einer Reststoffdeponie der Eisen- und Stahlindustrie) nachvollziehen, auf andere potentielle Stoffeinträge übertragen und die Ergebnisse der Untersuchungen bewerten können. Sie sollen die Rolle kennen, die das Kompartiment „Boden“ bei der Entwicklung der Wasserbeschaffenheit und auf dem Emissionspfad in das Grundwasser spielt. Sie kennen die Ursachen und Auswirkungen der wesentlichen Gefährdungen von Böden und Bodenfunktionen sowie Möglichkeiten des Schutzes der Böden vor diesen Gefährdungen auf der Grundlage der nationalen und EU-weiten gesetzlichen Regelungen.
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none"> • Schadstoffsystematik grund- und rohwassergefährdender Stoffe • Ausgewählte Verfahren der Grund- und Rohwasseraufbereitung • Hydrochemische Modellierung ausgewählter Aufbereitungsverfahren mittels PhreeqC • Praktikumsversuche zur Aufbereitung • Anwendung geologischer, quartärgeologischer und hydrogeologischer Untersuchungsmethoden zur Standortcharakterisierung und zur Entwicklung von System- und Prozessverständnis • Vorgehensweise bei einer gestuften Gefährdungsabschätzung zum Emissionspfad

	<p>Grundwasser</p> <ul style="list-style-type: none"> • Auswertung von Grundwasseranalysen im Hinblick auf eine Grundwassergefährdung • Bewertungskriterien; Stoffkonzentrationen, Grenzwerte, Richtwerte, Stoffmassenströme • Darstellung und Vermittlung der Untersuchungsergebnisse • Rechtliche Grundlagen zum Bodenschutz (u.a. BBodSchG, BBodSchV, KrWAbfG) • Stofflicher Bodenschutz – Vorsorge: Strategien zur Erfassung/Beobachtung des Bodenzustandes, Stoffbilanzen – Critical Load Konzept, Stoffströme (Landwirtschaft, Abfallwirtschaft), materielle Maßstäbe (Vorsorgewerte, Hintergrundwerte) • Stofflicher Bodenschutz – Nachsorge: Untersuchungspläne & -strategien, Grundsätze und materielle Maßstäbe der Gefährdungsabschätzung (Prüf-/Maßnahmenwerte), Sickerwasserprognose • Gebietsweite Regelungen zum stofflichen Bodenschutz am Beispiel von Bodenplanungsgebieten • Nicht-stofflicher Bodenschutz: Bodenerosion durch Wind & Wasser, Bodenverdichtung, Bodenversiegelung • Bleibt das Ihr Text, Herr Utermann?
Studien- / Prüfungsleistungen:	Mündliche Prüfung oder Klausur, Pflichtleistungsnachweise: Mündliche Prüfung oder Klausur für Aufbereitung von Grund- und Rohwässern und Beleg für Abwassertechnik II
Prüfungsdauer:	Klausur 180 min, mdl. Prüfung lt. APO
Medienformen:	<p>Vorlesungsteil mit fachlichen Grundlagen; Übung an praktischen Frage-/Aufgabenstellungen (z.B. Wasseranalysen; hydrogeochemische Modellierung und an Fallbeispielen und Szenarien); Praktikumsversuche, die einfache Aufbereitungsverfahren nachvollziehen.</p> <p>Reale Untersuchungsunterlagen einer Gefährdungsabschätzung werden in Vorlesungen, Übungen und Arbeitsgruppentätigkeiten bearbeitet. Ein Teil der Veranstaltung wird „vor Ort“ im Gelände an der realen Reststoffdeponie durchgeführt. Der Lehrende wird im Verlauf der Veranstaltung zum Coach der Arbeitsgruppe. Vorlesung als Beamer-Präsentation, Skript</p>
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • DVGW: Wasserchemie für Ingenieure • Kölle: Wasseranalysen - richtig beurteilt • Bliefert: Umweltchemikalien • Sigg, Stumm: Aquatische Chemie • Appelo, Postma: Geochemistry, groundwater and pollution • Merkel, Planer-Friedrich: Grundwasserchemie • Stumm, Morgan: Aquatic Chemistry • Fetter: Applied Hydrogeology • Rosenkranz/Einsele/Harreß (1988 – 2006): Bodenschutz; Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser. Erich Schmidt Verlag GmbH; ISBN 3-503-02718-1 • Blume, H.-P. (2007): Handbuch des Bodenschutzes – 3. Auflage. Ecomed Verlag; ISBN 3-609-65853-3 • Holzwarth, F., Radtke, H., Hilger, B., Bachmann, G. (2000): Bundes-Bodenschutzgesetz/Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung – Handkommentar. 2., neu bearbeitete und erweiterte Auflage; 448 S.; Erich Schmidt Verlag GmbH; ISBN 3-503-05823-0

Modul 18 Wasserwirtschaft

Studiengang:	MSc Geoenvironmental Engineering
Modulnummer:	18
Modulbezeichnung:	Wasserwirtschaft
Lehrveranstaltungen:	Wasserwirtschaft und Rekultivierung Speicherung und Verteilung von Wasser
Semester:	3.
Modulverantwortliche(r)	Prof. Tudeshki
Dozenten	Prof. Tudeshki, Prof. Langefeld, Dr. Lange
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum:	Wahlpflichtmodul in o.g. Studiengang (Pflichtmodul im Studienschwerpunkt „Geoumweltmedien“)

Lehrform	SWS	Arbeitsaufwand [h] Präsenz-/ Eigenstudium (1 ECTS= 25 h)	ECTS	Kompetenzen			
				FK	MK	SK	SOK
Wasserwirtschaft und Rekultivierung (2V)	2	28/47	3	60	30	10	0
Speicherung und Verteilung von Wasser (2V)	2	28/47	3	60	30	10	0
Summen	4	56/94	6	60	30	10	0

Voraussetzungen:	Keine
Lernziele:	Die Studierenden können die komplexen Ziele, Aufgaben, Inhalte von der Wasserwirtschaft und Rekultivierung im Zusammenhang verstehen, kritisch betrachten, ihre Ergebnisse interpretieren und auf andere Fälle anwenden. Sie beherrschen die Grundlagen der Wasserspeicherung und Wasserverteilung.
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Bodenphysik und Bodenmechanik • Grundlagen der Hydrogeologie und Hydrologie • Einführung in die Wasserwirtschaft • Technologien der Wasserhaltung und Grundwasserabsenkung • Dimensionierung und Berechnung von Brunnen • Grundlagen der Rekultivierung • Geschichtliche Entwicklung, Grundlagen • Wasserbedarf, Wasserangebot • Wassergewinnung (Oberflächenwasser, Quellwasser, Grundwasser) • Übersicht Wasseraufbereitung • Wasserspeicherung • Wasserverteilung (Materialien, Armaturen, Netze)
Studien- / Prüfungsleistungen:	Klausur
Prüfungsdauer:	240 min
Medienformen:	Vorlesung als Beamer-Präsentation, Skript
Literatur:	Wird in den Vorlesungen bekannt gegeben

Modul 19 Geodätisches Monitoring & Lasermesstechnik

Studiengang:	MSc Geoenvironmental Engineering
Modulnummer:	19
Modulbezeichnung:	Geodätisches Monitoring & Lasermesstechnik
Lehrveranstaltungen:	Geodätisches Monitoring mit Praktikum 3D-Lasermesstechnik
Semester:	2. und 3.
Modulverantwortliche(r)	Prof. Busch
Dozenten	Prof. Busch, Dr. Linke
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum:	Wahlpflichtmodul in o.g. Studiengang (Pflichtmodul im Studienschwerpunkt „Geomonitoring“)

Lehrform	SWS	Arbeitsaufwand [h] Präsenz-/ Eigenstudium (1 ECTS= 25 h)	ECTS	Kompetenzen			
				FK	MK	SK	SOK
Geodätisches Monitoring mit Praktikum (4 V/P)	4	56/119	7	30	50	10	10
3D-Lasermesstechnik (2V)	2	28/47	3	70	15	10	5
Summen	6	84/166	10	50	32,5	10	7,5

Voraussetzungen:	Grundlagen der Vermessungskunde, Ausgleichsrechnung, Geostatistik
Lernziele:	<p>Die Studierenden besitzen ein Grundverständnis über die Notwendigkeit, den Aufbau, die Durchführung und Auswertung von Monitoringverfahren. Durch Theorie und Praxisteil sind die Studierenden in der Lage, ein einfaches GPS-Monitoring zu konzipieren, durchzuführen und auszuwerten.</p> <p>Sie kennen das Verfahren des 3D-Laserscannings sowie seine Vor- und Nachteile und können die Eignung verschiedener Laserscansysteme für praxisrelevante Aufgabenstellungen im Vergleich zu anderen Messverfahren einschätzen.</p>
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen geodätischer Monitoringverfahren, Sensoren und Systeme • Geodätische Netze • Auswertung und Analyse von GPS-Messungen • GPS-Monitoringsysteme • Übungen: Durchführung und Auswertung von GPS-Messungen • Funktionsweise und Aufbau eines Laserscanners • Messverfahren • Fehlerquellen und Genauigkeit der 3D-Lasermesstechnik • Marktübersicht über 3D-Laserscansysteme und ihre Einsatzgebiete • Bedeutung, Ziele und Nutzen sowie Probleme und Einschränkungen des Laserscannings, Lösungen • 3D-Modellierung und mathematische Algorithmen zur Auswertung der Scandaten • Auswertestrategien, Softwarelösungen und Anwendungsbeispiele
Studien- / Prüfungsleistungen:	Mündliche Prüfung 3D-Lasermesstechnik, Hausarbeit (Praktikumsbericht) und Referat
Prüfungsdauer:	mdl. Prüfung lt. APO
Medienformen:	Vorlesung, Beamer-Präsentation, Skript, praktische Messübungen im Gelände
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Bauer, M.: Vermessung und Ortung mit Satelliten. Wichmann Verlag, 1997 • Welsch, W., Heunicke, O., Kuhlmann, H.: Auswertung geodätischer Überwachungsmessungen. In: Handbuch Ingenieurgeodäsie. Wichmann Verlag, 2000. • DVW (Hrsg.): Interdisziplinäre Messaufgaben im Bauwesen - Weimar 2004. Schriftenreihe des DVW, Band 46. Wißner-Verlag, 2004 • Donges: Physikalische Grundlagen der Lasertechnik, 2000 • Deumlich, Staiger: Instrumentenkunde der Vermessungstechnik, 2002

- Schlemmer: Grundlagen der Sensorik, 1996
- Grün (Hrsg.), Kahmen (Hrsg.): Optical 3-D Measurement Techniques V, 2001
- Kahmen (Hrsg.), Niemeier (Hrsg.), Retscher (Hrsg.): Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering II, 2002
- Luhmann (Hrsg.): Photogrammetrie und Laserscanning. Anwendung für As-Built-Dokumentation und Facility Management, 2002
- Luhmann (Hrsg.): Photogrammetrie Laserscanning Optische 3D-Messtechnik, 2003, 2004 und 2005
- Luhmann (Hrsg.), Müller, (Hrsg.): Photogrammetrie Laserscanning Optische 3D-Messtechnik, 2006 und 2007

Modul 20 Spatio-temporale Analyse und Geostatistik

Studiengang:	MSc Geoenvironmental Engineering
Modulnummer:	20
Modulbezeichnung:	Spatio-temporale Analyse und Geostatistik
Lehrveranstaltungen:	Spatio-temporale Analysemethoden Anwendung von Geostatistik im Monitoring
Semester:	3.
Modulverantwortliche(r)	Prof. Busch
Dozenten	Prof. Busch, Dr. Knospe, Dr. Drobniowski
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum:	Wahlpflichtmodul in o.g. Studiengang (Pflichtmodul im Studienschwerpunkt „Geomonitoring“)

Lehrform	SWS	Arbeitsaufwand [h] Präsenz-/ Eigenstudium (1 ECTS= 25 h)	ECTS	Kompetenzen			
				FK	MK	SK	SOK
Spatio-temporale Analysemethoden (2V/Ü)	2	28/47	3	40	50	5	5
Anwendung von Geostatistik im Monitoring (2V/Ü)	2	28/47	3	40	40	10	10
Summen	4	56/94	6	40	45	7,5	7,5

Voraussetzungen:	Ausgleichsrechnung und Geostatistik II
Lernziele:	Sie besitzen ein Grundverständnis für die Grundlagen, die Möglichkeiten und Grenzen der Zeitreihenanalyse und der Geostatistik bei der Auswertung, Beschreibung und räumlichen Modellierung von Geodaten. Sie können für konkrete Anwendungsfälle die geeigneten Methoden und Verfahren auswählen und diese korrekt anwenden.
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none"> • Statistische Grundlagen zur Datenbeschreibung • Kennwerte zur Beschreibung ein- und mehrdimensionaler Datensätze • Verfahren zur räumlichen und zeitlichen Modellierung von Daten: Autokorrelation, Variographie, Regionalisierte Variablen, Zeitreihenanalyse • Prädiktion (Kriging-methoden) • Übungen: Auswertung von Beispieldatensätzen
Studien- / Prüfungsleistungen:	Klausur
Prüfungsdauer:	240 min
Medienformen:	Vorlesung, Skript, Beamer-Präsentation, Übungsaufgaben
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Edward H. Isaaks und R. Mohan Srivastava: An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford University Press, 1992 • Jean-Paul Chilès, Pierre Delfiner : Geostatistics: Modeling Spatial Uncertainty. Wiley & Sons, 1999. • Hans Wackernagel: Multivariate Geostatistics. Springer, Berlin, Heidelberg, 3rd ed., 2003. • Jens-Peter Kreiß und Georg Neuhaus: Einführung in die Zeitreihenanalyse (Statistik und ihre Anwendungen). Springer, Berlin, Heidelberg, 2006. • Rainer Schlittgen und Bernd H.J Streitberg: Zeitreihenanalyse. Wissenschaftsverlag Oldenburg, 2001

Modul 21 Fernerkundung & Erfassung von Bodenbewegungen

Studiengang:	MSc Geoenvironmental Engineering
Modulnummer:	21
Modulbezeichnung:	Fernerkundung & Erfassung von Bodenbewegungen
Lehrveranstaltungen:	Fernerkundung II Radarinterferometrische Erfassung von Bodenbewegungen mit Praktikum
Semester:	1. und 2.
Modulverantwortliche(r)	Prof. Busch
Dozenten	Prof. Busch, Dr. Walter, Dr. Knospe
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum:	Wahlpflichtmodul in o.g. Studiengang (Pflichtmodul im Studienschwerpunkt „Geomonitoring“)

Lehrform	SWS	Arbeitsaufwand [h] Präsenz-/ Eigenstudium (1 ECTS= 25 h)	ECTS	Kompetenzen			
				FK	MK	SK	SOK
Fernerkundung II (2V/Ü)	2	28/47	3	50	30	20	0
Radarinterferometrische Erfassung von Bodenbewegungen (3V/P)	3	42/58	4	50	30	15	5
Summen	5	70/105	7	60	22,5	15	2,5

Voraussetzungen:	Fernerkundung I, Grundlagen der Vermessungskunde, Strata and Ground Movements
Lernziele:	Die Studierenden kennen die speziellen Aufnahme- und Auswerteverfahren der satellitengestützten Fernerkundung lernen die praktische Bedienung und grundlegende Funktionen einer Auswertesoftware. Sie besitzen Spezialkenntnisse und können Vorgehensweisen zur radarinterferometrischen Erfassung von Bodenbewegungen beschreiben und deren Analyse und Datenauswertemethoden erklären.
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none"> • Fernerkundungssensoren für die Umweltüberwachung • Auswerteverfahren, Fehler- und Störeinflüsse, Interpretationsmodelle • Multispektrale Fernerkundung • Praktische Anwendung mit der Auswertesoftware ENVI • Grundlagen der Programmierung in IDL • Generierung und Nutzung Digitaler Höhenmodelle • Mikrowellen-Fernerkundung, Radarinterferometrie • Praktische Anwendung mit einer Auswertesoftware
Studien- / Prüfungsleistungen:	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer:	mdl. Prüfung lt. APO
Medienformen:	Vorlesung, Skript, Beamer-Präsentation, Rechner-Übung
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Albertz, J.: Einführung in die Fernerkundung. Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern. Wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt, 3. Aufl., 2007. • Kappas, M.: Fernerkundung nah gebracht – Leitfaden für Geowissenschaftler. F. Dümmers Verlag, Bonn, 1994. • Rees, W.G.: Physical Principles of Remote Sensing. Cambridge University Press 2nd Ed., 2001. • Hanssen, R.F.: Radar Interferometry - Data Interpretation and Error Analysis. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2001. • Woodhouse, I.H.: Introduction to microwave Remote Sensing. Taylor & Francis Verlag, CRC Press, Boca Raton, New York, 2006 • V.B.H. Gini Ketelaar: Satellite Radar Interferometry: Subsidence Monitoring Techniques. Springer, Science+Business Media B.V., 2009. • Aktuelle Veröffentlichungen, Beiträge in Fachzeitschriften (Angaben in den Skripten)

Modul 22 Messtechnik I

Studiengang:	MSc Geoenvironmental Engineering
Modulnummer:	22
Modulbezeichnung:	Messtechnik I
Lehrveranstaltungen:	Messtechnik I
Semester:	1.
Modulverantwortliche(r)	Dr. Gerth
Dozenten	Dr. Gerth
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum:	Wahlpflichtmodul in o.g. Studiengang (Pflichtmodul im Studienschwerpunkt „Geomonitoring“); als Einzelveranstaltung in sehr viele Bachelor- und Masterstudiengänge integriert.

Lehrform	SWS	Arbeitsaufwand [h]		ECTS	Kompetenzen			
		Präsenz-/ Eigenstudium (1 ECTS= 25 h)			FK	MK	SK	SOK
Messtechnik I (2V/1Ü)	3	42/58		4	60	20	10	10

Voraussetzungen:	Keine
Lernziele:	Die Studierenden beherrschen die Grundlagen der Messtechnik und Sensorik, sind in der Lage, Messergebnisse wissenschaftlich korrekt zu interpretieren, zu dokumentieren und zu bewerten. Sie können elementare analoge elektrische Messschaltungen berechnen, kennen die Grundprinzipien der digitalen Messtechnik sowie Aufbau und Funktion der Grundkomponenten der digitalen Messtechnik. Sie kennen häufig verwendete Sensoren und Messwertaufnehmer, sind in der Lage, eigenständig messtechnische Lösungen zu bewerten und auszuwählen und können eigene einfache messtechnische Lösungen und Systeme vorschlagen und dimensionieren. Messtechnische Komponenten sind integraler Anteil jedes autonomen Informationstechnischen Systems, jedes mechatronischen Systems und aller Systeme mit funktionalen Werkstoffen und in energie- und verfahrenstechnischen Systemen und Anlagen. Die messtechnischen Methoden sind Elementartechniken in der Forschung in allen technisch / naturwissenschaftlichen Bereichen.
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Messtechnik und Sensorik • Allgemeine Grundlagen der Messtechnik, Grundlagen der Sensorik • Grundlagen der elektrischen Messtechnik • Grundlagen der Elektrotechnik, Analoge Messung elektrischer Größen • Eigenschaften und Charakterisierung von Sensoren und Messvorgängen • Eigenschaften von Messsystemen, Messabweichungen • Analoge Messtechnik • Messbrücken, Analoge Verstärker-, Filter- und Rechenschaltungen • Digitale Messtechnik • Grundstrukturen digitaler Systeme, Abtasttheorem • Digitale Zähler-schaltungen, Digital-Analog- / Analog- Digital-Wandler • Sensoren und Messwertumformer • Temperaturmessung, Kraft- und Druckmessung, Durchflussmessung • Positions- Weg- und Geschwindigkeitsmessung, Encoder
Studien- / Prüfungsleistungen:	Klausur
Prüfungsdauer:	120 min
Medienformen:	Tafel, Folien, Beamer, Vorlesungsskript, Übungsaufgaben incl. Lösungen, Musterklausuren mit Lösungen
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • E. Schrüfer, „Elektrische Messtechnik“, Hanser, 2004 • J. Hoffmann, „Handbuch der Messtechnik“, Hanser 2004 • R. Lerch, „Elektrische Messtechnik“, Springer, 2003 • J. P. Bentley, „Principles of Measurement Systems“, Pearson, 2005

Modul 23 Geomechanik

Studiengang:	MSc Geoenvironmental Engineering
Modulnummer:	23
Modulbezeichnung:	Geomechanik
Lehrveranstaltungen:	Tunnelstatik Salzmechanik
Semester:	3.
Modulverantwortliche(r)	Prof. Lux
Dozenten	Prof. Lux, Prof. Düsterloh
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum:	Wahlpflichtmodul in o.g. Studiengang (Pflichtmodul im Studienschwerpunkt „Management und Endlagerung radioaktiver Abfälle“)

Lehrform	SWS	Arbeitsaufwand [h] Präsenz-/ Eigenstudium (1 ECTS= 25 h)	ECTS	Kompetenzen			
				FK	MK	SK	SOK
Tunnelstatik (2V)	1	28/47	3	40	35	20	5
Salzmechanik (1V)	2	14/36	2	40	35	20	5
Summen	3	42/83	5	40	35	20	5

Voraussetzungen:	Ingenieurmathematik oder Mathematik für Naturwissenschaftler Grundlagen der Geomechanik Technische Mechanik
Lernziele:	Die Studierenden können nach Abschluss der Lehrveranstaltungen untertägige Tragsysteme im Festgebirge (Fels) in ihrem Tragverhalten (Gebirgsaufbau, Materialeigenschaften, Konstruktion) verstehen und charakterisieren, die Grundlagen der Sicherheitsnachweise erläutern und anwenden sowie grundsätzliche Analysen zum Tragverhalten durchführen. Weiterhin können die Studierenden die grundsätzlichen stofflichen, mechanischen und analytischen Methoden für die Charakterisierung untertägiger Tragsysteme im Salinargebirge verstehen, insbesondere bezüglich Speicherkavernen und Abfallentsorgungsanlagen. Darüber hinaus sind sie in der Lage, experimentell erfasste Grenzwerte in eine Tragwerksanalyse zu überführen.
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none"> • Felsmechanische Berechnungen • Grundlagen, Methodik, Ziele • Kontinuumsmechanik – Diskontinuumsmechanik • Stoffmodelle • Spannungs- und Verformungszustände in der Umgebung untertägiger bergmännisch aufgefahrener Hohlräume • Grundlegende Annahmen und Voraussetzungen • Hohlräume ohne Ausbau • Hohlräume mit Ausbau • Hohlraum mit kreisförmigem Querschnitt – Bettungsmodelltheorie, Kontinuumstheorie, Kontinuumstheorie in Verbindung mit der Theorie des Ausbauwiderstandes • Einfluss des nichtlinearen Materialverhaltens von Spritzbeton • Betrachtung von Bauzuständen • Mechanische Modellierung des salinaren Gebirgsbaus und Stoffmodelle • Analytische und numerische Verfahren zur Tragwerksanalyse im Salinargebirge • Geomechanische Eigenschaften und Kennwertermittlung von Salinargesteinen • Auswertung und Interpretation experimenteller Verfahren in der Salzmechanik • Standsicherheit, Langzeitsicherheit, Integrität – Nachweisführung an ausgewählten Beispielen aus dem Untertagebau im Salinargebirge
Studien- / Prüfungsleistungen:	Mündliche Prüfung oder Klausur

Prüfungsdauer:	Klausur 180 min, mdl. Prüfung lt. APO
Medienformen	Vortrag, numerisches Praktikum, Skripte
Literatur:	<ul style="list-style-type: none">• Lux, Rokahr (1986): Zur Vorbemessung tiefliegender Tunnel im Fels• Wittke (1999): Tunnelstatik - Grundlagen• Müller: Der Felsbau• Lux (1984) : Gebirgsmechanischer Entwurf und Felderfahrungen im Salzkavernenbau• Hunsche, Christescu (1998): Time Effects in Rock Mechanics• Aktuelle Fachpublikationen

Modul 24 Grundlagen der Endlagerung und des Strahlenschutzes

Studiengang:	MSc Geoenvironmental Engineering
Modulnummer:	24
Modulbezeichnung:	Grundlagen der Endlagerung und des Strahlenschutzes
Lehrveranstaltungen:	Management radioaktiver Abfälle und Endlagerung im geologischen Untergrund
	Entsorgung Unter Tage
	Kernphysikalische Grundlagen und Strahlenschutz
Semester:	1.
Modulverantwortliche(r)	Prof. Röhlig
Dozenten	Prof. Röhlig, Prof. Mengel, Prof. Langefeld, Dr. Brammer (GNS), Prof. Walther (LUH/IRS)
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum:	Wahlpflichtmodul in o.g. Studiengang (Pflichtmodul im Studienschwerpunkt „Management und Endlagerung radioaktiver Abfälle“)

Lehrform	SWS	Arbeitsaufwand [h] Präsenz-/ Eigenstudium (1 ECTS= 25 h)	ECTS	Kompetenzen			
				FK	MK	SK	SOK
Management radioaktiver Abfälle und Endlagerung im geologischen Untergrund (3V/E)	3	42/58	4	20	30	40	10
Entsorgung Unter Tage (2V/Ü)	2	28/22	2	40	30	20	10
Kernphysikalische Grundlagen und Strahlenschutz (2V)	2	28/47	3	40	30	20	10
Summe	7	98/127	9	33,33	30	26,67	10

Voraussetzungen:	Einführung in die Physik Ing.-Mathematik bzw. Mathematik für Naturwissenschaftler Einführung in die Geowissenschaften BSc-GEE-Modul Entsorgung radioaktiver Abfälle
Lernziele:	Die Studenten kennen grundlegende kernphysikalische Zusammenhänge und Prinzipien des Strahlenschutzes. Sie sind in der Lage, letztere in einfachen Situationen umzusetzen. Sie kennen grundlegende Konzepte des Managements radioaktiver Abfälle und die wichtigsten Sicherheitskonzepte für die Endlagerung in Abhängigkeit von verschiedenen Wirtsgesteinen. Sie kennen die Auslegungsprinzipien für Endlager in tiefen geologischen Formationen und können einfache Planungsaufgaben lösen.
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Kernphysik • Arten ionisierender Strahlung, Entstehung und Messung • Strahlungsquellen und –anwendungen • Strahlenwirkungen und Schutzkonzepte • Externe und interne Expositionen • Dosisgrößen und -begriffe • Strahlenschutzpraxis • Überblick über die verschiedenen endlagerrelevanten Geosystemtypen und ihre strukturgeologischen Eigenschaften • Herkunft, Managementstrategien und Entsorgungsoptionen radioaktiver Abfälle • Erste Einordnung eines Standorts für die Bewertung der Langzeitsicherheit • Endlagerstrategien: Internationaler Vergleich • Endlagerkonzepte der unterschiedlichen Staaten – Erarbeitung von Gemeinsamkeiten und Unterschieden

	<ul style="list-style-type: none"> • Behälter- und Einlagerungskonzepte der unterschiedlichen Staaten • Sicherheitskonzepte für Betrieb und Nachbetriebsphase als Auslegungsgrundlage eines Endlagers • Erstellung von Hohlräumen unter Tage • Untertägige Verwertung von Reststoffen • Untertägige Deponierung von Abfallstoffen • Endlagerung in tiefen geologischen Formationen • Stand von Wissenschaft und Technik in der Endlagerforschung
Studien- / Prüfungsleistungen:	<p>Moduleilprüfungen: Klausur Entsorgung Unter Tage, Bericht (Exkursionsbericht) Management radioaktiver Abfälle und Endlagerung im geologischen Untergrund,</p> <p>Pflichtleistungsnachweis: Klausur Kernphysikalische Grundlagen</p>
Prüfungsdauer:	Klausur Entsorgung Unter Tage 90 min, Klausur Kernphysikalische Grundlagen 135 min
Medienformen:	Vortrag, Vortragsübung, Exkursion, Strahlenschutzpraktikum
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Skripte • Atomgesetz und Verordnungen einschl. Kommentare • DIN-Taschenbuch Strahlenschutz • ICRP und SSK-Empfehlungen • Vogt, Schultz; Praktischer Strahlenschutz • The comparison of alternative waste management strategies for long-lived radioactive wastes (COMPAS), ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp5-euratom/docs/compas_projrep_en.pdf • Herrmann, Röthemeyer, Langfristige sichere Deponien, Springer 1998 • C. Streffer, C. F. Gethmann, G. Kamp, W. Kröger, E. Rehbinder, O. Renn, K.-J. Röhlig: Radioactive Waste. Technical and Normative Aspects of its Disposal. Springer 2011 • Plan Endlager für radioaktive Abfälle Schachtanlage Konrad Salzgitter – Kurzfassung, Bundesamt für Strahlenschutz, 1990 • Entwicklung und Umsetzung von technischen Konzepten in tiefen geologischen Formationen in unterschiedlichen Wirtsgesteinen (EUGENIA). Synthesebericht, BGR/DBE Tec 2011

Modul 25 Grundlagen der Langzeitsicherheitsanalyse

Studiengang:	MSc Geoenvironmental Engineering
Modulnummer:	25
Modulbezeichnung:	Grundlagen der Langzeitsicherheitsanalyse
Lehrveranstaltungen:	Grundlagen der Langzeitsicherheitsanalyse Mobilisierung und Migration von Radionukliden im Untergrund
Semester:	2.
Modulverantwortliche(r)	Prof. Röhlig
Dozenten	Prof. Röhlig, Dr. Mönig (GRS),
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum:	Wahlpflichtmodul in o.g. Studiengang (Pflichtmodul im Studienschwerpunkt „Management und Endlagerung radioaktiver Abfälle“)

Lehrform	SWS	Arbeitsaufwand [h] Präsenz-/ Eigenstudium (1 ECTS= 25 h)	ECTS	Kompetenzen			
				FK	MK	SK	SOK
Grundlagen der Langzeitsicherheitsanalyse (2V)	2	28/47	3	30	40	20	10
Mobilisierung und Migration von Radionukliden im Untergrund (2V)	2	28/47	3	30	40	20	10
Summen	4	56/94	6	30	40	20	10

Voraussetzungen:	Einführung in die Physik, Einführung in die Chemie, Grundlagen der Endlagerung und des Strahlenschutzes
Lernziele:	Die Studierenden können nach Abschluss des Moduls die Stellung der Langzeitsicherheitsanalyse im Safety Case (Langzeitsicherheitsnachweis) sowie die gemeinsamen Grundprinzipien wie auch die in unterschiedlichen Wirtsgesteinen (Ton, Salz, Granit) jeweils verschiedenen Elemente der Langzeitsicherheitsanalyse differenziert darstellen und den Bezug zum jeweiligen Sicherheitskonzept herstellen. Sie kennen die grundlegenden methodischen Ansätze und Elemente von Langzeitsicherheitsanalysen. Sie kennen die wichtigsten physikalischen und chemischen Prozesse, die für die Freisetzung und Migration von Radionukliden relevant sind und verstehen die Grundzüge der Geochemie stabiler und radioaktiver Isotope und die Ausbreitung von Radionukliden in Raum und Zeit. Sie sind in der Lage, die Ergebnisse von Modellrechnungen zum Radionuklidtransport in der Geosphäre zu interpretieren und den Zusammenhang zu natürlichen Analoga herzustellen.
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none"> • Safety Case und Langzeitsicherheitsanalyse • Systembeschreibungen, Sicherheitsfunktionen und Szenarien • Modellierung und Vertrauensbildung • Indikatoren und Kriterien • Umgang mit Ungewissheiten • Geochemie anthropogener und natürlicher Radionuklide • Migrationsprozesse • Stabile und radioaktive Isotope als Tracer • U-Th-Zerfallsreihen
Studien- / Prüfungsleistungen:	Klausur
Prüfungsdauer:	90 min
Medienformen:	Vortrag, Vortragsübung
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Skripte • OECD-Berichte INTESC und MeSA



- EU-Berichte SPIN und PAMINA
- The Nature and Purpose of the Post-closure Safety Cases for Geological Repositories. OECD, Paris 2013, NEA No. 78121, <http://www.oecd-nea.org/rwm/reports/2013/78121-rwn-sc-brochure.pdf>
- Symposium "Safety cases for the deep disposal of radioactive waste: Where do we stand?", 23-25 January 2007, Paris, France. OECD, Paris 2008, NEA No. 06319, ISBN 978-92-64-99050-0, <http://www.oecdnea.org/html/rwm/reports/2008/ne6319-safety.pdf>
- EU-Berichte SPIN und PAM
- SKB-Sicherheitsberichte SR-Can und SR-Site
- ANDRA Dossier 2005
- Faure; Principles of isotope geology
- Hoefs; Stable isotope geochemistry
- Lieser; Nuclear- and radio-geochemistry
- Dickin, A.P., 1995, Radiogenic isotope geology, Cambridge

Modul 26 Abfallmanagement und gesetzliche Regelungen

Studiengang:	MSc Geoenvironmental Engineering
Modulnummer:	26
Modulbezeichnung:	Abfallmanagement und gesetzliche Regelungen
Lehrveranstaltungen:	Brennstoff- und Abfallkreisläufe
	Radioaktive Abfälle und gesetzliche Regelungen
	Konditionierung radioaktiver Abfälle, Transport und Zwischenlagerung
Semester:	1. und 2.
Modulverantwortliche(r)	Prof. Röhlig
Dozenten	Prof. Thomauske (RWTH), K. Kugel (BfS), Dr. Lorenz (GNS), Dr. Bertram (GNS), Prof. Röhlig
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum:	Wahlpflichtmodul in o.g. Studiengang (Pflichtmodul im Studienschwerpunkt „Management und Endlagerung radioaktiver Abfälle“)

Lehrform	SWS	Arbeitsaufwand [h] Präsenz-/ Eigenstudium (1 ECTS= 25 h)	ECTS	Kompetenzen			
				FK	MK	SK	SOK
Brennstoff- und Abfallkreisläufe (1V)	1	14/36	2	30	10	50	10
Radioaktive Abfälle und gesetzliche Regelungen (2V)	2	28/47	3	20	10	30	40
Transport, Zwischenlagerung und Konditionierung radioaktiver Abfälle (2V)	2	28/47	3	40	10	40	10
Summen	5	70/130	8	30	10	40	20

Voraussetzungen:	Grundlagen der Endlagerung und des Strahlenschutzes
Lernziele:	<p>Die Studierenden kennen die wichtigsten Elemente von Brennstoff- und Abfallkreisläufen. Sie können den Anfall radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle aus kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen nach Art und Menge verstehen, die Bedingungen für den Transport und die Zwischenlagerung radioaktiver Stoffe charakterisieren und die wesentlichsten Anforderungen an Transport- und Lagerbehälter sowie Zwischenlager darstellen. Sie können eine Zuordnung zu geeigneten Vorbehandlungs- und Konditionierungsverfahren vornehmen und die Charakterisierung endlagerrelevanter Abfallgebindeeigenschaften im Hinblick auf standortspezifische Sicherheitsanalysen beurteilen. Auf dieser Basis verstehen sie insbesondere die Vorgehensweisen zur Ableitung von Endlagerungsbedingungen und zum Nachweis der Einhaltung dieser Bedingungen (Produktkontrolle). Sie können nach Abschluss der Lehrveranstaltung die Abläufe und die Komplexität atom- und bergrechtlicher Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren verstehen.</p>
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none"> • Nuklearer Brennstoffkreislauf • Abfallströme und Entsorgungskonzept • Stilllegung und Rückbau von Kernkraftwerken • Klassifizierung und Kategorisierung radioaktiver Abfälle • Herkunft, Abfallarten, Bestand und zukünftiger Anfall radioaktiver Abfälle • Konzept des Transportes radioaktiver Stoffe gemäß IAEA Transport Regulations TS-R-1 • Verkehrsträgerregelungen und Besonderheiten • Auslegung, Design und Herstellung von Transport- und Lagerbehälter • Zwischenlagerkonzepte, Anforderungen an die Zwischenlagerung • Sicherheit von Transport und Zwischenlagerung • Verfahren und Anlagen zur Vorbehandlung, Behandlung wie auch zur Verarbeitung und Verpackung (Konditionierung)



	<ul style="list-style-type: none"> • Charakterisierung endlagerrelevanter Abfall- bzw. Abfallgebindeeigenschaften • Abfallspezifische Eingangsdaten für standortspezifische Sicherheitsanalysen (einschl. Wasserrecht) • Ableitung von Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen) und Maßnahmen zur Produktkontrolle • Atomrechtliche Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren • Bergrechtliche Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren • UVP / Grenzüberschreitende UVP • Öffentlichkeitsbeteiligungsverfahren / Einwendungen / Erörterungstermine
Studien- / Prüfungsleistungen:	Klausur, Pflichtleistungsnachweis für Brennstoff- und Abfallkreisläufe (mündliche Prüfung)
Prüfungsdauer:	Klausur 120 min, mdl. Prüfung lt. APO
Medienformen:	Vortrag, Vortragsübung
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Skripte • Atomgesetz und Verordnungen einschl. Kommentare • IAEA Transport Regulations • SSK-Richtlinien zur Zwischenlagerung • PATRAM-Beiträge • H. Röthemeyer (Hrsg.), Endlagerung radioaktiver Abfälle – Wegweiser für eine verantwortungsbewusste Entsorgung in der Industriegesellschaft, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim (1991) • Tagungsberichte der Veranstaltungsreihe KONTEC – Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle, KONTEC GmbH, Hamburg • Bundesberggesetz (BBergG) • Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz (UVPG) • Atomrechtliche Verfahrensverordnung (AtVfV) • Beförderungsverordnungen • ESK-Empfehlungen • BfS-Publikationen (z.B. Kurzfassung Konrad, Endlagerungsbedingungen Konrad, Produktkontrolle radioaktiver Abfälle) • IAEA Safety Standards

Modul 27 Probabilistik in der Langzeitsicherheitsanalyse

Studiengang:	MSc Geoenvironmental Engineering
Modulnummer:	27
Modulbezeichnung:	Probabilistik in der Langzeitsicherheitsanalyse
Lehrveranstaltungen:	Probabilistik in der Langzeitsicherheitsanalyse Praktikum zur Probabilistik in der Langzeitsicherheitsanalyse
Semester:	3.
Modulverantwortliche(r)	Prof. Röhlig
Dozenten	Prof. Röhlig, Dr. Plischke
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum:	Wahlpflichtmodul in o.g. Studiengang (Pflichtmodul im Studienschwerpunkt „Management und Endlagerung radioaktiver Abfälle“)

Lehrform	SWS	Arbeitsaufwand [h] Präsenz-/ Eigenstudium (1 ECTS= 25 h)	ECTS	Kompetenzen			
				FK	MK	SK	SOK
Probabilistik in der Langzeitsicherheitsanalyse (1V)	1	14/36	2	30	40	20	10
Praktikum zur Probabilistik in der Langzeitsicherheitsanalyse (2P)	2	28/22	2	60	20	10	10
Summen	3	42/58	4	45	30	15	10

Voraussetzungen:	Ingenieurmathematik oder Mathematik für Naturwissenschaftler Grundlagen der Langzeitsicherheitsanalyse
Lernziele:	Die Studierenden verfügen über Grundkenntnisse der Wahrscheinlichkeitstheorie und der mathematischen Statistik sowie ihrer Anwendung in probabilistischen Unsicherheits- und Sensitivitätsanalysen. Sie sind in der Lage, einfache probabilistische Analysen auf der Basis verschiedener Methoden durchzuführen.
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie und mathematischen Statistik • Ableitung von Wahrscheinlichkeitsverteilungen • Sampling-Methoden • Kenngrößen von Verteilungen, ihre Schätzer und deren Anwendung in der probabilistischen Unsicherheitsanalyse • Deterministische und probabilistische Methoden der Sensitivitätsanalyse
Studien- / Prüfungsleistungen:	Klausur
Prüfungsdauer:	90 min
Medienformen:	Vortrag, numerisches Praktikum, Skripte
Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • NEA/IGSC-Workshop "Management of Uncertainty in Safety Cases: The Role of Risk." (Rånäs Slott, Sweden, 2 - 4 February 2004). OECD, Paris, 2005, NEA No. 05302, ISBN: 92-64-00878-0 • Büchler: Elementare Stochastik: Eine Einführung in die Mathematik der Daten und des Zufalls. Springer 2007, http://www.springerlink.com/content/q41241/ • S. Mishra, Assigning probability distributions to input parameters of performance assessment models. SKB Technical Report TR-02-11, http://www.skb.se/upload/publications/pdf/TR-02-11.pdf • MATLAB. Eine Einführung. http://homepages.fh-regensburg.de/~wah39067/Matlab/MTut2-1.pdf • SIMLAB. http://simlab.jrc.ec.europa.eu/ • Saltelli, Chan & Scott: Sensitivity Analysis. Wiley 2000 • Saltelli et al.: Global Sensitivity Analysis. The Primer. Wiley 2008

- EU-Projekt PAMINA

Modul 28 Projekt- /Studienarbeit

Studiengang:	MSc Geoenvironmental Engineering
Modulnummer:	28
Modulbezeichnung:	Projekt- /Studienarbeit
Lehrveranstaltungen:	Projekt- / Studienarbeit
Semester:	3.
Modulverantwortliche(r)	Prof. Busch, Prof. Hou
Dozenten	Alle am Studiengang beteiligten Dozenten
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum:	Pflichtmodul in o.g. Studiengang

Lehrform	SWS	Arbeitsaufwand [h] Präsenz-/ Eigenstudium (1 ECTS= 25 h)	ECTS	Kompetenzen			
				FK	MK	SK	SOK
Erstellung der Projekt- oder Studienarbeit; Selbstlernphase (8H)	8	- /262	10,5	40	10	40	10
Vorbereitung der Präsentation (1H)	1	- /38	1,5	20	20	30	30
Summen	9	- /300	12	30	15	35	20

Voraussetzungen:	Module im jeweiligen Fachgebiet der Studienarbeit
Lernziele:	Die Studierenden besitzen die Fähigkeit, anhand von Fachliteratur und anderen Quellen, Material zu einem vorgegebenen Thema zu erschließen, dieses Material methodisch, ggf. softwaregestützt, auszuwerten sowie Vorgehensweise und Ergebnisse in einem Bericht strukturiert zu verfassen. Sie sind in der Lage, einen Vortrag vor einem Fachpublikum zu einem nichttrivialen wissenschaftlichen Thema zu entwerfen und ihn unter Einsatz üblicher Medien abzuhalten.
Inhalt:	Studienarbeiten sind i.d.R. Projekte, in denen vorher erworbene theoretische modulübergreifende Kenntnisse durch Anwendung an konkreten Beispielen vertieft werden sollen. Es soll eine Ausarbeitung über den Verlauf bzw. die Resultate der Studienarbeit angefertigt werden und in der betreuenden Fachgruppe ein Vortrag darüber gehalten werden.
Studien- / Prüfungsleistungen:	Lösung der fachlichen Fragestellung, Erstellen eines Berichts über die Arbeit (Hausarbeit), Ausarbeitung und Abhalten eines Vortrags über die Ergebnisse der Arbeit mit Diskussion
Medienformen:	Handout, Beamer-Präsentation
Literatur:	projektspezifische Literatur und andere Quellen möglichst gemäß eigener Recherche

Modul 29 Masterarbeit

Studiengang:	MSc Geoenvironmental Engineering
Modulnummer:	29
Modulbezeichnung:	Masterarbeit
Lehrveranstaltungen:	Master-Abschlussarbeit Kolloquium
Semester:	4.
Modulverantwortliche(r)	Prof. Busch, Prof. Hou
Dozenten	Alle am Studiengang beteiligten Dozenten
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum:	Pflichtmodul in o.g. Studiengang

Lehrform	SWS	Arbeitsaufwand [h] Präsenz-/ Eigenstudium (1 ECTS= 25 h)	ECTS	Kompetenzen			
				FK	MK	SK	SOK
Master-Abschlussarbeit (H)	14	- /550	22	30	30	30	10
Kolloquium (Ko)	2	- /50	2	20	0	50	30
Summen	16	- /600	24	25	15	40	20

Voraussetzungen:	Zulassung gemäß §11 der Ausführungsbestimmung zur Allgemeinen Prüfungsordnung.
Lernziele:	Die Studierenden besitzen die Kompetenz, eine Fragestellung in ihrer vollen Komplexität eigenständig und wissenschaftlich fundiert zu bearbeiten. Darüber hinaus sind sie in der Lage, ihre Erkenntnisse zu präsentieren und zu verteidigen.
Inhalt:	Anfertigung einer eigenständigen wissenschaftlichen Arbeit sowie deren Verteidigung im Rahmen eines Kolloquiums
Studien- / Prüfungsleistungen:	Lösung der fachlichen Fragestellung, Erstellen eines Berichts über die Arbeit (Hausarbeit), Ausarbeitung und Abhalten eines Vortrags über die Ergebnisse der Arbeit mit Diskussion im Rahmen eines Kolloquiums
Medienformen:	Handout, Beamer-Präsentation
Literatur:	projektspezifische Literatur und andere Quellen, möglichst nach eigener Recherche