



**Modulhandbuch
des Masterstudiengangs
Geoenvironmental Engineering
(Geoumwelttechnik)**

basierend auf den Ausführungsbestimmungen vom 23.07.2021

zuletzt geändert am 22.12.2021

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abkürzungsverzeichnis..... | 3 |
| Ingenieurmathematik III | 4 |
| Adjustment Computations and Approximation of Spatial Data | 7 |
| Building Information Modeling and Project Management..... | 10 |
| GIS-based Environmental Monitoring | 13 |
| Geoenvironmental Monitoring | 16 |
| Geoprozesse..... | 19 |
| Geo-Gefährdungsabschätzung..... | 22 |
| Management radioaktiver Abfälle und Endlagerung im geologischen Untergrund..... | 25 |
| Nachhaltigkeit und Verantwortung bei der Technologieanwendung | 29 |
| Spatio-Temporal Analysis and Modeling of Geodata | 33 |
| 3D Point Cloud Based Monitoring of Natural and Anthropogenic Structures..... | 36 |
| Optical Remote Sensing and Synthetic Aperture Radar Interferometry | 39 |
| Multi Sensor Systems: Design, Calibration and Realization..... | 42 |
| Multiphysikalische Prozesse in der Geomechanik..... | 45 |
| Numerische Modellierung | 48 |
| Tunnelbau & Tunnelstatik..... | 51 |
| Angewandte Geotechnik | 54 |
| Abfallmanagement und gesetzliche Regelungen..... | 56 |
| Auslegung, Bau und Betrieb von Endlagern | 60 |
| Grundlagen der Langzeitsicherheitsanalyse | 63 |
| Mathematische Verfahren in der Langzeitsicherheitsanalyse..... | 66 |
| Student Research Project..... | 71 |
| Masterarbeit | 73 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|-------|---|
| Ab | Abschlussarbeiten |
| B.Sc. | Bachelor of Science |
| BA | Bachelorarbeit |
| E | Exkursion |
| h | Stunden |
| LN | Leistungsnachweis |
| LP | Leistungspunkte gemäß European Credit Transfer System |
| LV | Lehrveranstaltung |
| M.Sc. | Master of Science |
| MA | Masterarbeit |
| MP | Modulprüfung |
| MTP | Modulteilprüfung |
| P | Praktikum |
| PrA | Praktische Arbeit |
| PV | Prüfungsvorleistung |
| S | Seminar |
| SL | Seminarleistung |
| SRP | Student Research Project |
| SS | Sommersemester |
| SWS | Semesterwochenstunden |
| T | Tutorium |
| ThA | Theoretische Arbeit |
| Ü | Übung |
| V | Vorlesung |
| WS | Wintersemester |

| | |
|--|---|
| 1a. Modultitel (deutsch) Ingenieurmathematik III | 1b. Modultitel (englisch) Engineering Mathematics III |
|--|---|

| | | | |
|---|---|--|--|
| 2. Verwendbarkeit des Moduls in Studiengängen Master Geoenvironmental Engineering und weitere ingenieurwissenschaftliche Master Studiengänge | | | |
| 3. Modulverantwortliche(r) Prof. Dr. Potschka | | 4. Zuständige Fakultät Fakultät Mathematik/Informatik und Maschinenbau | |
| 5. Modulnummer | | 6. Sprache deutsch | |
| 7. LP 6 | 8. Dauer [X] 1 Semester [] 2 Semester | | 9. Angebot [] jedes Semester [X] jedes Studienjahr [] unregelmäßig |
| 10. Lern-/Qualifikationsziele des Moduls Die Studierenden kennen die Probleme, die beim Rechnen mit Fließkommazahlen auftreten und haben Verfahren kennengelernt um Algorithmen auf ihre Stabilität zu untersuchen. Sie kennen eine Reihe von verschiedenen numerischen Verfahren für relevante Anwendungsprobleme und können anhand der Eigenschaften der Verfahren das jeweils geeignete auswählen. Die Studierenden haben erste Erfahrungen mit der praktischen Umsetzung numerischer Algorithmen in Computerprogrammen gesammelt. Die Studierenden sind in der Lage, je nach Fragestellung selbstständig und in Teams zu arbeiten und ihre Kenntnisse der Mathematik auf neue Fragestellungen anzuwenden. Auftauchende Probleme können sie teilweise mit Hilfe der Literatur selbstständig lösen. Bei größeren Schwierigkeiten können sich die Studierenden gezielt Hilfe holen. Die Studierenden arbeiten ausdauernd auch an komplexeren Problemen. | | | |

| Lehrveranstaltungen | | | | | | |
|-----------------------------------|---|---|-------------------|-------------------|----------------|---|
| 11. Nr. | 12. Lehrveranstaltungstitel (deutsch/englisch) | 13. Dozent(in) | 14. LV-Nr. | 15. LV-Art | 16. SWS | 17. Arbeitsaufwand Präsenz-/Eigenstudium |
| 1 | Ingenieurmathematik III (Numerische Mathematik für nichtmathematische Studiengänge) (Engineering Mathematics III) | Prof. Potschka | W 0120 | 3V+1Ü | 5 | 56 h / 124 h |
| Summe: | | | | | 5 | 56 h / 124 h |
| Zu Nr. 1: | | | | | | |
| 18a. Empf. Voraussetzungen | | <ul style="list-style-type: none"> - Modul Ingenieurmathematik I - Modul Ingenieurmathematik II | | | | |

| | |
|--------------------------|---|
| | - Oder äquivalente Module |
| 19a. Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> - Fließkommazahlen, Rundungsfehler und Stabilität - Lösung linearer Gleichungssysteme: Konditionierung, LR-Zerlegung, Pivotisierung, Irreguläre Systeme - Polynominterpolation, numerische Differentiation, Extrapolation - Trigonometrische Interpolation, Diskrete Fourier-Transformation - Numerische Integration - Iterative Lösung von linearen und nichtlinearen Gleichungssystemen |
| 20a. Medienformen | Tafel, Beispiele als Beamerpräsentationen, Vorführungen und Übungen am Rechner |
| 21a. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - Bärwolff, Günter: Numerik für Ingenieure, Physiker und Informatiker: für Bachelor und Diplom, Springer Spektrum: Berlin/Heidelberg (2. Auflage) 2016. - Dahmen, Wolfgang/Reusken, Arnold: Numerik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Springer: Berlin u. a. (2. korr. Auflage) 2008. - Hanke-Bourgeois, Martin: Grundlagen der Numerischen Mathematik und des Wissenschaftlichen Rechnens, Vieweg + Teubner Verlag: Wiesbaden (3. akt. Auflage) 2009. - Plato, Robert: Numerische Mathematik kompakt. Grundlagenwissen für Studium und Praxis, Vieweg + Teubner Verlag: Wiesbaden (4. aktual. Auflage) 2010. - Rannacher, Rolf: Einführung in die Numerische Mathematik (Numerik 0). Vorlesungsskriptum, Institut für Angewandte Mathematik Universität Heidelberg, Heidelberg University Publishing: Heidelberg 2017. - Schwarz, Hans Rudolf/Köckler, Norbert: Numerische Mathematik, Vieweg + Teubner Verlag: Wiesbaden (8. aktual. Auflage) 2011. |
| 22a. Sonstiges | ./. |

| Studien-/Prüfungsleistung | | | | | |
|----------------------------------|---|-------------------|---------------|---------------------|------------------------------------|
| 23. Nr. | 24. Zugeordnete Lehrveranstaltungen | 25. P.-Art | 26. LP | 27. Benotung | 28. Anteil an der Modulnote |
| 1 | Ingenieurmathematik III (Numerische Mathematik für nichtmathematische Studiengänge) | MP | 6 | benotet | 100 % |
| 2 | Hausübungen zu Ingenieurmathematik III | PV | 0 | unbenotet | 0 % |

| Zu Nr. 1: | |
|---|---|
| 29a. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | Klausur (120 Minuten) \geq 10 Teilnehmer Mündliche Prüfung (30 Minuten, Einzelprüfung) $<$ 10 Teilnehmer |
| 30a. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | Prof. Potschka |
| 31a. Verbindliche Prüfungsvorleistungen | Hausübungen zu Ingenieurmathematik III |
| Zu Nr. 2: | |
| 29b. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | HA Hausübung als Prüfungsvorleistung zur Modulprüfung (siehe „Zu Nr. 1“) |
| 30b. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | Prof. Potschka |

| | |
|---------------------------------|--|
| 1a. Modultitel (deutsch) | 1b. Modultitel (englisch) Adjustment Computations and Approximation of Spatial Data |
|---------------------------------|--|

| | | | |
|--|--|---|--|
| 2. Verwendbarkeit des Moduls in Studiengängen | | | |
| Master Geoenvironmental Engineering, Master Computer science | | | |
| 3. Modulverantwortliche(r) Prof. Dr.-Ing. Paffenholz | | 4. Zuständige Fakultät Fakultät für Energie- und Wirtschaftswissenschaften | |
| 5. Modulnummer | | 6. Sprache deutsch, bei Bedarf englisch | |
| 7. LP 6 | | 8. Dauer [X] 1 Semester [] 2 Semester | |
| 9. Angebot [] jedes Semester [X] jedes Studienjahr [] unregelmäßig | | 10. Lern-/Qualifikationsziele des Moduls | |
| This module aims at explaining statistical concepts and adjustment methods that enable the students to model and adjust geodetic observations and geo-spatial data. In addition, methods of evaluating the quality of adjustment results are provided. | | | |
| After successful completion of this module, the students are able to: | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - State definitions, laws and computation rules; - Give an overview of typical adjustment approaches; - Explain standard adjustment models generally or for simple examples stemming from geo applications; - Analyze data sets with regard to suitable adjustment models and analysis techniques; - Correctly interpret adjustment results. | | | |

| Lehrveranstaltungen | | | | | | |
|-----------------------------------|--|---|------------|------------|---------|---|
| 11. Nr. | 12. Lehrveranstaltungstitel (deutsch/englisch) | 13. Dozent(in) | 14. LV-Nr. | 15. LV-Art | 16. SWS | 17. Arbeitsaufwand Präsenz-/Eigenstudium |
| 1 | Adjustment Computations and Approximation of Spatial Data | Prof. Paffenholz | W 6306 | 3V+1Ü | 4 | 56 h / 124 h |
| Summe: | | | | | 4 | 56 h / 124 h |
| Zu Nr. 1: | | | | | | |
| 18a. Empf. Voraussetzungen | | <ul style="list-style-type: none"> - Fundamental courses in engineering mathematics and applied statistics in previous bachelor degree - Basic programming skills in Matlab | | | | |

| | |
|--------------------------|---|
| 19a. Inhalte | <p>This module introduces following fundamental topics in the scope of adjustment computations and approximation of spatial data:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Matlab and its usage at a glance with focus on matrix calculus - Uncertainty measures and their description following GUM - Propagation of measurement uncertainty - Concepts of adjustment theory - Principles of least squares, Gauss-Markov model - Approximation of functions: linear, linear and multiple regression, periodic functions - Optimal recursive state estimation in discrete-time systems (Kalman filter) - Geostatistics: variogram, kriging - Optional at a glance: robust parameter estimation |
| 20a. Medienformen | <p>Beamer presentation, Stud.IP, Moodle-course, Smartboard, lab work with Matlab</p> |
| 21a. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - Ghilani, Charles D.: Adjustment Computations. Spatial Data Analysis, John Wiley & Sons Inc: Hoboken, New Jersey (6th Edition) 2018, https://doi.org/10.1002/9781119390664. - Jäger, Reiner/Müller, Tilman/Saler, Heinz: Klassische und robuste Ausgleichungsverfahren. Ein Leitfaden für Ausbildung und Praxis von Geodäten und Geoinformatikern, Herbert-Wichmann-Verlag: Karlsruhe (2. neu bearbeitete und erweiterte Auflage) 2020. - Niemeier, Wolfgang: Ausgleichungsrechnung. Statistische Auswertemethoden, de Gruyter: Berlin u. a. (2. überarb. und erw. Auflage) 2008, https://doi.org/10.1515/9783110206784. - Webster, Richard/Oliver, Margaret A.: Geostatistics for Environmental Scientists, Wiley: Chichester u. a. (2nd Edition, Reprint) 2009. <p>The above-mentioned literature gives an overview. In the lecture, more in-depth literature is given for selected topics.</p> |
| 22a. Sonstiges | <p>./.</p> |

| Studien-/Prüfungsleistung | | | | | |
|----------------------------------|---|-------------------|---------------|---------------------|------------------------------------|
| 23. Nr. | 24. Zugeordnete Lehrveranstaltungen | 25. P.-Art | 26. LP | 27. Benotung | 28. Anteil an der Modulnote |
| 1 | Adjustment Computations and Approximation of Spatial Data | MP | 6 | graded | 100 % |

| | | | | | |
|---|---|---|---|------------|-----|
| 2 | Homework to Adjustment Computations and Approximation of Spatial Data | PV | 0 | not graded | 0 % |
| Zu Nr. 1: | | | | | |
| 29a. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | | Written exam (120 minutes) or oral exam (40 minutes, individual exam) | | | |
| 30a. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | | Prof. Paffenholz | | | |
| 31a. Verbindliche Prüfungsvorleistungen | | Successful participation in the homework exercises for Adjustment Calculation and Approximation of Spatial Data. Up to 4 worksheets with one exercise, each on the topics of the lecture will be handed out during the module. | | | |
| Zu Nr. 2: | | | | | |
| 29b. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | | HA Homework as preliminary work for the module examination (see "To No. 1") | | | |
| 30b. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | | Prof. Paffenholz | | | |

| | |
|---------------------------------|---|
| 1a. Modultitel (deutsch) | 1b. Modultitel (englisch) Building Information Modeling and Project Management |
|---------------------------------|---|

| | | | | | | |
|---|-------------------|---|--|--|--|--|
| 2. Verwendbarkeit des Moduls in Studiengängen | | | | | | |
| Master Geoenvironmental Engineering | | | | | | |
| 3. Modulverantwortliche(r) Prof. Dr.-Ing. Paffenholz | | 4. Zuständige Fakultät Fakultät für Energie- und Wirtschaftswissenschaften | | | 5. Modulnummer | |
| 6. Sprache deutsch | 7. LP 6 | 8. Dauer [X] 1 Semester [] 2 Semester | | | 9. Angebot [] jedes Semester [X] jedes Studienjahr [] unregelmäßig | |
| 10. Lern-/Qualifikationsziele des Moduls | | | | | | |
| This module aims at fundamentals of building information modeling (BIM) and project management skills for engineers. | | | | | | |
| After successful completion of this module, the students are able to: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Give an overview of the BIM method; - Explain the concepts of geometric, semantic and component-oriented building models; - Explain and to judge BIM standards and data models; - Transfer introduced project management techniques to a standard engineering project. | | | | | | |

| Lehrveranstaltungen | | | | | | |
|-----------------------------------|--|--|------------|------------|---------|---|
| 11. Nr. | 12. Lehrveranstaltungstitel (deutsch/englisch) | 13. Dozent(in) | 14. LV-Nr. | 15. LV-Art | 16. SWS | 17. Arbeitsaufwand Präsenz-/Eigenstudium |
| 1 | Building Information Modeling | Prof. Paffenholz | W 6307 | 2V | 2 | 28 h / 62 h |
| 2 | Projektmanagement für Ingenieure (Project Management for Engineers) | Prof. Paffenholz Prof. Meyer Dr. Ranke | W 6363 | 1V+1S | 2 | 28 h / 62 h |
| Summe: | | | | | 4 | 56 h / 124 h |
| Zu Nr. 1: | | | | | | |
| 18a. Empf. Voraussetzungen | | - Module GIS and Remote Sensing | | | | |

| | |
|-----------------------------------|--|
| 19a. Inhalte | <p>This lecture introduces following fundamental topics in the scope of BIM:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Motivation to use BIM and overview of practical examples - Differences and similarities of the BIM method with CAD and GIS - Geometric and semantic building modeling - Coordinate frames and geo-referencing of building models - Data acquisition by means of laser scanner - Introduction and overview of BIM software |
| 20a. Medienformen | Beamer presentation, Stud.IP, Moodle-course, Smartboard |
| 21a. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - Borrmann, André (Ed.) et al.: Building Information Modeling: Technology Foundations and Industry Practice, Springer: Cham 2015. - DVW e.V. und Runder Tisch GIS e.V., (Hg.): Leitfaden Geodäsie und BIM. Version 3.0; Bühl/München 2021. https://www.dvw.de/BIM-Leitfaden.pdf. - Hausknecht, Kerstin:/Liebich, Thomas: BIM-Kompodium. Building Information Modeling als neue Planungsmethode, Fraunhofer IRB-Verlag: Stuttgart (2. überarb. und erweit. Auflage) 2018. - Witte, Bertold/Sparla, Peter/Blankenbach, Jörg: Vermessungskunde für das Bauwesen mit Grundlagen des Building Information Modeling (BIM) und der Statistik, Wichmann Verlag: Berlin (9. neu bearbeitete und erweiterte Auflage) 2020. <p>The above-mentioned literature gives an overview. In the lecture, more in-depth literature is given for selected topics.</p> |
| 22a. Sonstiges | ./. |
| Zu Nr. 2: | |
| 18b. Empf. Voraussetzungen | - Keine |
| 19b. Inhalte | <p>Diese Vorlesung gibt einen Überblick über international erprobte Instrumente in der Projektplanung.</p> <p>Es werden folgende Aspekte vorgestellt, diskutiert und in einem Planspiel angewendet:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Konzept des Project Cycle Management; Ziel-orientierte Projektplanung ZOPP - Strength – Weaknis – Opportunities – Threats (SWOT) - Mind Mapping - Nutzwertanalyse als multikriterielles Entscheidungsverfahren - Wirkungsgefüge von Projektfaktoren - Kommunikation nach Watzlawik, Prassl, Schulz v.Thun |

| | |
|--------------------------|--|
| 20b. Medienformen | Tafel, Beamerpräsentation, Stud.IP, Smartboard |
| 21b. Literatur | Wird in der Lehrveranstaltung bekanntgegeben. |
| 22b. Sonstiges | ./. |

| Studien-/Prüfungsleistung | | | | | |
|---|--|---|---------------|---------------------|------------------------------------|
| 23. Nr. | 24. Zugeordnete Lehrveranstaltung | 25. P.-Art | 26. LP | 27. Benotung | 28. Anteil an der Modulnote |
| 1 | Building Information Modeling | MTP | 3 | graded | 50 % |
| 2 | Projektmanagement für Ingenieure | MTP | 3 | graded | 50 % |
| Zu Nr. 1: | | | | | |
| 29a. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | | Written exam (60 minutes) or oral exam (20 minutes, individual exam) | | | |
| 30a. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | | Prof. Paffenholz | | | |
| 31a. Verbindliche Prüfungsvorleistungen | | Keine | | | |
| Zu Nr. 2: | | | | | |
| 29b. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | | SL Die Seminarleistung umfasst eine aktive Beteiligung und Mitarbeit beim Planspiel sowie die Vorstellung/Präsentation der erzielten Ergebnisse mit einer fachlichen Diskussion. | | | |
| 30b. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | | Prof. Paffenholz | | | |
| 31b. Verbindliche Prüfungsvorleistungen | | Keine | | | |

| | |
|---------------------------------|--|
| 1a. Modultitel (deutsch) | 1b. Modultitel (englisch) GIS-based Environmental Monitoring |
|---------------------------------|--|

| | | | |
|---|--|--|--|
| 2. Verwendbarkeit des Moduls in Studiengängen | | | |
| Master Geoenvironmental Engineering, Master Computer science, Master Mining Engineering | | | |
| 3. Modulverantwortliche(r) | | 4. Zuständige Fakultät | |
| Prof. Dr.-Ing. Paffenholz | | Fakultät für Energie- und Wirtschaftswissenschaften | |
| 5. Modulnummer | | 6. Sprache | |
| | | deutsch, bei Bedarf englisch | |
| 7. LP | | 8. Dauer | |
| 6 | | [X] 1 Semester [..] 2 Semester | |
| 9. Angebot | | 10. Lern-/Qualifikationsziele des Moduls | |
| [] jedes Semester [X] jedes Studienjahr [] unregelmäßig | | <p>This module aims at deepening the knowledge in the scope of geographic information systems (GIS) focusing on analysis methods and surface modeling in the context of environmental monitoring.</p> <p>After successful completion of this module, the students are familiar with:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Advanced principles of GIS and their advanced functionalities; - The fundamentals of web-based GIS; - Advanced spatio-temporal analysis and modeling approaches for geodata. <p>and is able to</p> <ul style="list-style-type: none"> - Use GIS software, like QGIS, to apply advanced methods for spatial analysis and modeling of surfaces on various data, e.g., captured by terrestrial sensors, like laser scanner, and remote sensing sensors, like optical sensors on satellites; | |

| Lehrveranstaltungen | | | | | | |
|-----------------------------------|--|---------------------------------|------------|------------|---------|--|
| 11. Nr. | 12. Lehrveranstaltungstitel (deutsch/englisch) | 13. Dozent(in) | 14. LV-Nr. | 15. LV-Art | 16. SWS | 17. Arbeitsaufwand Präsenz-/Eigenstudium |
| 1 | GIS-based Environmental Monitoring | Prof. Paffenholz | S 6308 | 2V+2Ü | 4 | 56 h / 124 h |
| Summe: | | | | | 4 | |
| Zu Nr. 1: | | | | | | |
| 18a. Empf. Voraussetzungen | | - Module GIS and Remote Sensing | | | | |

| | |
|--------------------------|---|
| 19a. Inhalte | <p>This module introduces following advanced topics in the scope of GIS-based Environmental Monitoring:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Advanced principles of GIS and their advanced functionalities introduced alongside with the open source software QGIS; - Fundamentals of web-based GIS and its applications; - Advanced spatio-temporal analysis and modeling approaches like interpolation methods to create surfaces by means of polynomial approximation or splines as well as geostatistical approaches like Kriging - Application of analysis methods for spatial problems, like generation of isolines, slope calculation, orientation of a surface, visibility analysis, change of surfaces, distance and erosion calculations <p>The homework exercises deal with exemplary free available data sets, which have to be analyzed with the open source software QGIS. The results of the analysis have to be documented in written form, where the results have to be discussed, to be interpreted and to be judged.</p> |
| 20a. Medienformen | <p>Beamer presentation, Stud.IP, Moodle-course, Smartboard, Homework with GIS software (e.g. QGIS)</p> |
| 21a. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - Bernhardsen, Tor (2002): Geographic information systems. An introduction. 3rd ed. New York: Wiley. Online available via http://proquest.tech.safaribooksonline.de/9780471419686. - Bolstad, Paul (2016): GIS fundamentals. A first text on geographic information systems. 6th edition. Acton, MA, White Bear Lake, Minnesota: XanEdu. Online available under http://www.paulbolstad.net/gisbook.html. <p>The above-mentioned literature gives an overview. In the lecture, more in-depth literature is given for selected topics.</p> |
| 22a. Sonstiges | <p>./.</p> |

| Studien-/Prüfungsleistung | | | | | |
|----------------------------------|--|-------------------|---------------|---------------------|------------------------------------|
| 23. Nr. | 24. Zugeordnete Lehrveranstaltung | 25. P.-Art | 26. LP | 27. Benotung | 28. Anteil an der Modulnote |
| 1 | GIS-based Environmental Monitoring | MP | 6 | graded | 100 % |
| 2 | Homework to GIS-based Environmental Monitoring | PV | 0 | not graded | 0 % |
| Zu Nr. 1: | | | | | |

| | |
|---|--|
| 29a. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | Written exam (120 minutes) or oral exam (40 minutes, individual exam) |
| 30a. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | Prof. Paffenholz |
| 31a. Verbindliche Prüfungsvorleistungen | Successful participation in the homework exercises GIS-based Environmental Monitoring. Up to 4 worksheets with one exercise, each on the topics of the lecture will be handed out during the module. See 19a for more details. |
| Zu Nr. 2: | |
| 29b. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | HA Homework as preliminary work for the module examination (see "To No. 1") |
| 30b. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | Prof. Paffenholz |

| | |
|---------------------------------|--|
| 1a. Modultitel (deutsch) | 1b. Modultitel (englisch) Geoenvironmental Monitoring |
|---------------------------------|--|

| | | | |
|--|-------------------|---|--|
| 2. Verwendbarkeit des Moduls in Studiengängen | | | |
| Master Geoenvironmental Engineering | | | |
| 3. Modulverantwortliche(r) Prof. Dr.-Ing. Meyer Prof. Dr.-Ing. Paffenholz | | 4. Zuständige Fakultät Fakultät für Energie- und Wirtschaftswissenschaften | |
| 5. Modulnummer | | | |
| 6. Sprache deutsch | 7. LP 6 | 8. Dauer [X] 1 Semester [] 2 Semester | 9. Angebot [] jedes Semester [X] jedes Studienjahr [] unregelmäßig |
| 10. Lern-/Qualifikationsziele des Moduls | | | |
| Die Studierenden haben einen Überblick über die Anwendungs- und Einsatzmöglichkeiten der Geomesstechnik und geodätischen Sensorik in Monitoringszenarien von natürlichen und anthropogenen Strukturen. Sie sind in der Lage, die geotechnischen Messelemente einzubauen und die Messergebnisse sinnvoll zu interpretieren. Sie sind in der Lage, Messungen zur 1D- und 3D-Punktbestimmung mit geodätischen Sensoren (Nivelliere, Tachymeter, GNSS) durchzuführen, auszuwerten und zu interpretieren. | | | |

| Lehrveranstaltungen | | | | | | |
|-----------------------------------|---|---|-------------------|-------------------|----------------|---|
| 11. Nr. | 12. Lehrveranstaltungstitel (deutsch/englisch) | 13. Dozent(in) | 14. LV-Nr. | 15. LV-Art | 16. SWS | 17. Arbeitsaufwand Präsenz-/Eigenstudium |
| 1 | Geoenvironmental Monitoring | Prof. Meyer Prof. Paffenholz | S 6321 | 2V+2Ü | 4 | 56 h / 124 h |
| Summe: | | | | | 4 | 56 h / 124 h |
| Zu Nr. 1: | | | | | | |
| 18a. Empf. Voraussetzungen | | <ul style="list-style-type: none"> - Modul Ingenieurmathematik III - Modul Geo-Sensorik und terrestrische Punktbestimmung - Module Adjustment Computations and Approximation of Spatial Data | | | | |
| 19a. Inhalte | | <ul style="list-style-type: none"> - Grundlagen der Geomesstechnik, Geo-Sensorik sowie der Methodik und des Entwurfs von Messprogrammen - Erfassung von Deformationen natürlicher und anthropogener Strukturen - Verschiebungs- und Verformungsmessungen - Erfassung hydraulischer Änderungen | | | | |

| | |
|--------------------------|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Spannungs- und Verzerrungsmessungen - Beispiele von geotechnischen und geodätischen Messungen von Bauwerken - Praktischer Umgang mit geotechnischen Messelementen und geodätischen Sensoren <p>Die praktische Arbeit umfasst a) Feld- und Laborexperimente zur Beurteilung der Einsatz- und Leistungsfähigkeit der vorgestellten Sensoren und b) die Durchführung und Auswertung von praktischen Messungen in unterschiedlichen Szenarien. Die Ergebnisse der praktischen Arbeit sind in schriftlicher und wissenschaftlicher Form zu dokumentieren, wobei die Ergebnisse zu diskutieren, zu interpretieren und zu bewerten sind. Außerdem müssen die Ergebnisse mündlich oder durch eine Posterpräsentation mit einer Dauer von 20 Minuten und zusätzlich 15 Minuten wissenschaftlicher Diskussion vorgestellt werden.</p> |
| 20a. Medienformen | Beamerpräsentation, Tafel, Stud.IP, Smartboard |
| 21a. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - Becker, Hans Jakob u. a.: Instrumentierung und Monitoring in der Geotechnik, in: Karl Josef Witt (Hg.): Grundbau-Taschenbuch, Teil 1: Geotechnische Grundlagen, Ernst & Sohn: Berlin (8. Auflage) 2017, S. 867-968, https://doi.org/10.1002/9783433607275. - Fecker, Edwin: Geotechnische Messgeräte und Feldversuche im Fels, Springer Spektrum: Berlin (2. Auflage) 2018. - Heunecke, Otto u. a.: Auswertung geodätischer Überwachungsmessungen, Wichmann: Berlin/Offenbach (2. neu bearbeitete und erweiterte Auflage) 2013. - Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT) und Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement e. V. (DWW) (Hg.): Empfehlung des Arbeitskreises „Geomesstechnik“, Ernst & Sohn: Berlin 2022. <p>Die oben genannte Literatur gibt einen Überblick. In der Vorlesung wird weiterführende Literatur zu ausgewählten Themen bereitgestellt.</p> |
| 22a. Sonstiges | ./. |

| Studien-/Prüfungsleistung | | | | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|------------|--------|--------------|-----------------------------|
| 23. Nr. | 24. Zugeordnete Lehrveranstaltungen | 25. P.-Art | 26. LP | 27. Benotung | 28. Anteil an der Modulnote |
| 1 | Geoenvironmental Monitoring | MP | 6 | benotet | 100 % |

| | | | | | |
|---|--|--|---|-----------|-----|
| 2 | Praktische Arbeit zu Geoenvironmental Monitoring | PV | 0 | unbenotet | 0 % |
| Zu Nr. 1: | | | | | |
| 29a. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | | Klausur (120 Minuten) oder mündliche Prüfung (40 Minuten, Einzelprüfung) | | | |
| 30a. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | | Prof. Paffenholz | | | |
| 31a. Verbindliche Prüfungsvorleistungen | | Erfolgreiche Teilnahme an den praktischen Übungen (Feld- und Laborversuchen) zum Geoenvironmental Engineering. Es werden vorlesungsbegleitend bis zu 4 Arbeitsblätter mit je einer Übungsaufgabe zu den Themen des Moduls ausgegeben. | | | |
| Zu Nr. 2: | | | | | |
| 29b. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | | PrA Praktische Arbeit als Prüfungsvorleistung zur Modulprüfung (siehe „Zu Nr. 1“) | | | |
| 30b. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | | Prof. Paffenholz | | | |

| | |
|--|--|
| 1a. Modultitel (deutsch) Geoprozesse | 1b. Modultitel (englisch) Geoprocesses |
|--|--|

| | | | |
|--|--|--|--|
| 2. Verwendbarkeit des Moduls in Studiengängen Master Geoenvironmental Engineering | | | |
| 3. Modulverantwortliche(r) Prof. Dr.-Ing. Meyer | | 4. Zuständige Fakultät Fakultät für Energie- und Wirtschaftswissenschaften | |
| 5. Modulnummer | | 6. Sprache deutsch | |
| 7. LP 6 | | 8. Dauer <input checked="" type="checkbox"/> 1 Semester <input type="checkbox"/> 2 Semester | |
| 9. Angebot <input type="checkbox"/> jedes Semester <input checked="" type="checkbox"/> jedes Studienjahr <input type="checkbox"/> unregelmäßig | | 10. Lern-/Qualifikationsziele des Moduls Die Studierenden haben einen Überblick über die Ursachen von Erdbeben und deren Sicherungs- bzw. Sanierungsmaßnahmen. Darüber hinaus sind sie mit den Eigenschaften und Problemen von numerischen Verfahren zur Lösung von Grundwasserströmungs- und Transportproblemen vertraut und können diesbezügliche Modellrechnungen konzipieren, durchführen und auswerten. | |

| Lehrveranstaltungen | | | | | | |
|-----------------------------------|--|---|-------------------|-------------------|----------------|---|
| 11. Nr. | 12. Lehrveranstaltungstitel (deutsch/englisch) | 13. Dozent(in) | 14. LV-Nr. | 15. LV-Art | 16. SWS | 17. Arbeitsaufwand Präsenz-/Eigenstudium |
| 1 | Erdbeben und Sicherungsmaßnahmen (Landslides and Slope Stabilisation) | Prof. Meyer | W 6329 | 2V | 2 | 28 h / 62 h |
| 2 | Geologische und geotechnische Barrieren (Geological and Geotechnical Barriers) | Prof. Düsterloh | W 6249 | 1V+1Ü | 2 | 28 h / 62 h |
| Summe: | | | | | 4 | 56 h / 124 h |
| Zu Nr. 1: | | | | | | |
| 18a. Empf. Voraussetzungen | | - Modul Einführung Geowissenschaften | | | | |
| 19a. Inhalte | | - Ursachen und Formen von Rutschungen - Bauverfahren und Berechnungen von Hang- und Böschungssicherungen | | | | |

| | |
|-----------------------------------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Entwurf- und Dimensionierungsmethoden - Stützkonstruktionen - Hangverdübelungen - Entwässerungsmaßnahmen |
| 20a. Medienformen | Beamerpräsentation, Tafel, Stud.IP, Smartboard |
| 21a. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - Gasser, Waltraud/Zöbisch, Michael A.: Erdrutschungen und Maßnahmen der Hangsicherung. Ein Überblick, Selbstverlag des Verbandes der Tropenlandwirte: Witzhausen 1988 (Standardwerk). - Prinz, Helmut/Strauß, Roland: Abriss der Ingenieurgeologie, Elsevier, Spektrum Akademischer Verlag: München (6. bearb. und erweit. Auflage) 2017. - Witt, Karl Josef (Hg.): Grundbau-Taschenbuch. Teil 3: Gründungen und geotechnische Bauwerke, Ernst & Sohn Verlag: Berlin (8. Auflage) 2018. |
| 22a. Sonstiges | ./. |
| Zu Nr. 2: | |
| 18b. Empf. Voraussetzungen | <ul style="list-style-type: none"> - Modul Einführung Geowissenschaften - Modul Geomechanik |
| 19b. Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> - Numerischer Ansatz der Rückhaltefähigkeit geotechnischer und geologischer Barrieren - Simulation der Ausbreitung ausgewählter Schadstoffe und ihre Bedeutung für die Einhaltung des Schutzziels - Gewöhnliche und partielle Differentialgleichungen: Grundbegriffe und ausgewählte Lösungsverfahren |
| 20b. Medienformen | Beamerpräsentation, Stud.IP, Tafel, Laborbefahrung |
| 21b. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte: Auswahlverfahren für Endlagerstandorte. Empfehlungen des AkEnd, W und S Druck: Köln 2002. - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hg.): Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle (Stand: 30.09.2020), BMU: Berlin 2010. - Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH: Verschlusssysteme in Endlagern für wärmeentwickelnde Abfälle in Salzformationen. Workshop der GRS in Zusammenarbeit mit dem Projektträger Karlsruhe PTKA-WTE (Braunschweig, 24.-25. August |

| | |
|-----------------------|--|
| | 2010), GRS267, Januar 2011: www.grs.de/sites/default/files/pdf/GRS-267.pdf . |
| 22b. Sonstiges | ./. |

| Studien-/Prüfungsleistung | | | | | |
|---|---|---|---------------|---------------------|------------------------------------|
| 23. Nr. | 24. Zugeordnete Lehrveranstaltung | 25. P.-Art | 26. LP | 27. Benotung | 28. Anteil an der Modulnote |
| 1 | Erdbeben und Sicherungsmaßnahmen Geologische und geotechnische Barrieren | MP | 6 | benotet | 100 % |
| Zu Nr. 1: | | | | | |
| 29a. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | | Klausur (120 Minuten) oder mündliche Prüfung (40 Minuten) | | | |
| 30a. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | | Prof. Meyer | | | |
| 31a. Verbindliche Prüfungsvorleistungen | | Keine | | | |

| | |
|---|---|
| 1a. Modultitel (deutsch) Geo-Gefährdungsabschätzung | 1b. Modultitel (englisch) Geo Hazard Assessment |
|---|---|

| | | | |
|---|--|---|--|
| 2. Verwendbarkeit des Moduls in Studiengängen Master Geoenvironmental Engineering | | | |
| 3. Modulverantwortliche(r) Prof. Dr.-Ing. Paffenholz | | 4. Zuständige Fakultät Fakultät für Energie- und Wirtschaftswissenschaften | |
| 5. Modulnummer | | 6. Sprache deutsch | |
| 7. LP 6 | | 8. Dauer [X] 1 Semester [] 2 Semester | |
| 9. Angebot [] jedes Semester [X] jedes Studienjahr [] unregelmäßig | | 10. Lern-/Qualifikationsziele des Moduls Die Studierenden beherrschen Grundkenntnisse über geogene Risikoanalysen und Risikomanagement im Kontext der Entwicklung von Handlungsstrategien im Naturkatastrophenmanagement als Teil der wissensbasierten Politikberatung. Darüber hinaus erlernen sie praxisorientierte Grundlagen für geogene Gefährdungsanalysen (ausgewählte Beispiele). Die Studierenden erhalten 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. | |

| Lehrveranstaltungen | | | | | | |
|-----------------------------------|--|---|-------------------|-------------------|----------------|---|
| 11. Nr. | 12. Lehrveranstaltungstitel (deutsch/englisch) | 13. Dozent(in) | 14. LV-Nr. | 15. LV-Art | 16. SWS | 17. Arbeitsaufwand Präsenz-/Eigenstudium |
| 1 | Analyse von geogenen Gefahren (Geogenic hazards analysis) | Dr. Günther Dr. Müller Dr. Schmitt Hon.-Prof. Spies | S 6362 | 3V | 3 | 42 h / 55 h |
| 2 | Erdbeben (Earthquake) | Hon.-Prof. Spies | S 6360 | 2V | 2 | 28 h / 55 h |
| Summe: | | | | | 4 | 70 h / 110 h |
| Zu Nr. 1: | | | | | | |
| 18a. Empf. Voraussetzungen | | <ul style="list-style-type: none"> - Grundkenntnisse der Geowissenschaften - Gute Kenntnisse in Mathematik und Physik (partielle Differentialgleichungen) | | | | |

| | |
|-----------------------------------|--|
| 19a. Inhalte | <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) - Geotektonische Ursachen und Mechanismen vulkanischer Tätigkeit - Explosive und effusive Tätigkeit und Produkte vulkanische Formen und Produkte - Gefährdungsklassifikationen und -skalen (z. B. VEI), Fallbeispiele - Ausbreitung elastischer Wellen |
| 20a. Medienformen | Beamerpräsentation, Stud.IP, Smartboard |
| 21a. Literatur | - Sigurdsson, Haraldur (ed.): Encyclopedia of Volcanoes, Academic Press: Amsterdam et al. (2 nd Edition) 2015. |
| 22a. Sonstiges | ./. |
| Zu Nr. 2: | |
| 18b. Empf. Voraussetzungen | - Keine |
| 19b. Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> - Modelle zu Erbebenquellen: künstliche und natürliche (tektonische) Ursachen - Messung von Erdbebenwellen (Seismometrie) - Wirkung von Erdbeben auf Menschen und Bauwerke - Größen zur Beschreibung der Stärke eines Erdbebens (Intensität, Magnitude, seismisches Moment); Vorhersage und Vorsorge" |
| 20b. Medienformen | Beamerpräsentation, Stud.IP, Smartboard |
| 21b. Literatur | - Stein, Seth/Wyssession, Michael: An Introduction to Seismology, Earthquakes and Earth Structure, Blackwell: Malden, Mass. et al. (Reprint) 2005. (Standard Reference) |
| 22b. Sonstiges | ./. |

| Studien-/Prüfungsleistung | | | | | |
|----------------------------------|---|-------------------|---------------|---------------------|------------------------------------|
| 23. Nr. | 24. Zugeordnete Lehrveranstaltung | 25. P.-Art | 26. LP | 27. Benotung | 28. Anteil an der Modulnote |
| 1 | Analyse von geogenen Gefahren Erdbeben | MP | 6 | benotet | 100 % |

| Zu Nr. 1: | |
|---|---|
| 29a. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | Klausur (120 Minuten) oder mündliche Prüfung (40 Minuten) |
| 30a. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | Hon-Prof. Spies |
| 31a. Verbindliche Prüfungsvorleistungen | Keine |

| | |
|---|---|
| 1a. Modultitel (deutsch) Management radioaktiver Abfälle und Endlagerung im geologischen Untergrund | 1b. Modultitel (englisch) Radioactive Waste Management and Disposal in Deep Geologic Formations |
|---|---|

| | | | |
|--|---|--|--|
| 2. Verwendbarkeit des Moduls in Studiengängen Master Geoenvironmental Engineering | | | |
| 3. Modulverantwortliche(r) Prof. Dr. Röhlig | | 4. Zuständige Fakultät Fakultät für Energie- und Wirtschaftswissenschaften | |
| 5. Modulnummer | | 6. Sprache deutsch | |
| 7. LP 6 | 8. Dauer [X] 1 Semester [] 2 Semester | | 9. Angebot [] jedes Semester [X] jedes Studienjahr [] unregelmäßig |
| 10. Lern-/Qualifikationsziele des Moduls Die Studenten kennen grundlegende Konzepte des Managements radioaktiver Abfälle. Sie kennen die endlagerrelevanten Eigenschaften der Wirtsgesteine Steinsalz, Tongestein und Kristallin und die wichtigsten Sicherheitskonzepte für die Endlagerung in Abhängigkeit vom Wirtsgestein. Sie kennen die Auslegungsprinzipien für Endlager in tiefen geologischen Formationen und können einfache Planungsaufgaben lösen. | | | |

| Lehrveranstaltungen | | | | | | |
|----------------------------|---|----------------|------------|------------|---------|--|
| 11. Nr. | 12. Lehrveranstaltungstitel (deutsch/englisch) | 13. Dozent(in) | 14. LV-Nr. | 15. LV-Art | 16. SWS | 17. Arbeitsaufwand Präsenz-/Eigenstudium |
| 1 | Grundlagen des Managements radioaktiver Abfälle und der Endlagerung (Fundamentals of Radioactive Waste Management and Disposal) | Prof. Röhlig | W 4968 | 1V + 1E | 2 | 28 h / 62 h |
| 2 | Endlagerkonzepte in unterschiedlichen Wirtsgesteinen (Repository Concepts in Various Host Rocks) | PD Dr. Rühaak | W 4934 | 2V | 2 | 28 h / 62 h |
| Summe: | | | | | 4 | 56 h / 124 h |

| Zu Nr. 1: | |
|-----------------------------------|---|
| 18a. Empf. Voraussetzungen | <ul style="list-style-type: none"> - Modul Einführung Geowissenschaften - Modul Deponietechnik |
| 19a. Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> - Entsorgungsstrategien und Endlagertypen für verschiedene Kategorien radioaktiver Abfälle - Endlagerrelevante Eigenschaften der Wirtsgesteine Steinsalz, Tongestein und Kristallin - Grundlegende Sicherheits- und Endlagerkonzepte - Entsorgungsstrategien und Endlagerkonzepte in Deutschland und ausgewählten weiteren Ländern - Das Standortauswahlverfahren in Deutschland |
| 20a. Medienformen | Beamerpräsentation, Stud.IP, Exkursion |
| 21a. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - Entwicklung und Umsetzung von technischen Konzepten in tiefen geologischen Formationen in unterschiedlichen Wirtsgesteinen (EUGENIA). Synthesebericht, BGR/DBE Tec 2011. - Herrmann, Albert Günter/Röthemeyer, Helmut: Langfristig sichere Deponien. Situation, Grundlagen, Realisierung, Springer: Berlin 1998 (Standardwerk). - Standortauswahlgesetz 2017, www.gesetze-im-internet.de/standag_2017. - Streffer, Christian et al.: Radioactive Waste: Technical and Normative Aspects of its Disposal, Springer: Berlin et al. (Softcover Reprint of the Hardcover, 1st Edition) 2012. - The comparison of alternative waste management strategies for long-lived radioactive wastes (COMPAS), https://cordis.europa.eu/docs/projects/files/FIKW/FIKW-CT-2001-20143/87410471-6_en.pdf. |
| 22a. Sonstiges | ./. |
| Zu Nr. 2: | |
| 18b. Empf. Voraussetzungen | <ul style="list-style-type: none"> - Modul Einführung Geowissenschaften - Modul Deponietechnik - Management radioaktiver Abfälle und Endlagerung im geologischen Untergrund |

| | |
|--------------------------|---|
| 19b. Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> - Überblick über die verschiedenen endlagerrelevanten Geosystemtypen und ihre struktureologischen Eigenschaften - Endlagerrelevante Eigenschaften der Wirtsgesteine Tonstein, Steinsalz und Kristallin - Sicherheits- und Endlagerkonzepte in diesen Wirtsgesteinen - Geomodellierung |
| 20b. Medienformen | Beamerpräsentation, Stud.IP |
| 21b. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - Einzelberichte „RESUS: Wissenschaftliche Grundlagen für die Abwägung geologisch geeigneter Standorte“, https://www.grs.de/Resus-wissenschaftliche-Grundlagen-fuer-Abwaegung-geologisch-geeigneter-Standorte. - Entwicklung und Umsetzung von technischen Konzepten in tiefen geologischen Formationen in unterschiedlichen Wirtsgesteinen (EUGENIA). Synthesebericht, BGR/DBE Tec 2011, https://docplayer.org/31281379-Entwicklung-und-umsetzung-von-technischen-konzepten-fuer-endlager-in-tiefen-geologischen-formationen-in-unterschiedlichen-wirtsgesteinen-eugenia.html. - Standortauswahlgesetz 2017, www.gesetze-im-internet.de/standag_2017. |
| 22b. Sonstiges | ./. |

| Studien-/Prüfungsleistung | | | | | |
|---|---|---|---------------|---------------------|------------------------------------|
| 23. Nr. | 24. Zugeordnete Lehrveranstaltung | 25. P.-Art | 26. LP | 27. Benotung | 28. Anteil an der Modulnote |
| 1 | Grundlagen des Managements radioaktiver Abfälle und der Endlagerung | MTP | 3 | benotet | 50 % |
| 2 | Endlagerkonzepte in unterschiedlichen Wirtsgesteinen | MTP | 3 | benotet | 50 % |
| Zu Nr. 1: | | | | | |
| 29a. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | | ThA Die theoretische Arbeit umfasst einen schriftlichen Exkursionsbericht. | | | |
| 30a. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | | Prof. Röhlig | | | |
| 31a. Verbindliche Prüfungsvorleistungen | | Keine | | | |
| Zu Nr. 2: | | | | | |

| | |
|---|--|
| 29b. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | Klausur (60 Minuten) oder mündliche Prüfung (20 Minuten) |
| 30b. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | PD Dr. Rühaak |
| 31b. Verbindliche Prüfungsvorleistungen | Keine |

| | |
|--|--|
| 1a. Modultitel (deutsch) Nachhaltigkeit und Verantwortung bei der Technologieanwendung | 1b. Modultitel (englisch) Sustainability and Dynamic Systems |
|--|--|

| | | | |
|---|--|--|--|
| 2. Verwendbarkeit des Moduls in Studiengängen Master Geoenvironmental Engineering, Master Umweltverfahrenstechnik und Recycling, Master Verfahrenstechnik/Chemieingenieurwesen, Bachelor Digital Technologies | | | |
| 3. Modulverantwortliche(r) Prof. Dr.-Ing. Goldmann | | 4. Zuständige Fakultät Fakultät für Energie- und Wirtschaftswissenschaften | |
| 5. Modulnummer | | 6. Sprache deutsch | |
| 7. LP 6 | | 8. Dauer [..] 1 Semester [X] 2 Semester | |
| 9. Angebot [] jedes Semester [X] jedes Studienjahr [] unregelmäßig | | 10. Lern-/Qualifikationsziele des Moduls Die Studierenden sind in der Lage die Recyclingwirtschaft sowie den Bereich Forschung und Entwicklung in eine komplexe gesellschaftliche Struktur einzuordnen und eine Sensibilisierung jener zu entwickeln. Sie können Analyse-Methoden beschreiben, mit denen in der Anwendung potentielle oder latente Konflikte analysiert werden. Die Studierenden können Konflikte im Praxisfeld der Technologieanwendung und -entwicklung im Rohstoffbereich erkennen. Durch die Einbindung eines Planspiels können die Studierenden Konflikte benennen, bearbeiten und schließlich eigene Lösungswege entwickeln und vertreten. Die Studenten können nach Abschluss des Moduls Methoden zur Beschreibung dynamischer Systeme benennen und entwickeln ein Verständnis von positiven Rückkopplungen. Der Erwerb von Grundlagen für das Verständnis von Ursachen, Dimensionen und der Beschreibung des globalen Wandels sowie das Verständnis des Konzepts Nachhaltigkeit versetzt sie in die Lage übergeordnete, transdisziplinäre Bewertungen von Entscheidungen und Maßnahmen vorzunehmen. | |

| Lehrveranstaltungen | | | | | | |
|----------------------------|---|-----------------------|-------------------|-------------------|----------------|---|
| 11. Nr. | 12. Lehrveranstaltungstitel (deutsch/englisch) | 13. Dozent(in) | 14. LV-Nr. | 15. LV-Art | 16. SWS | 17. Arbeitsaufwand Präsenz-/Eigenstudium |

| | | | | | | |
|-----------------------------------|---|--|--------|-------|---|-------------|
| 1 | Konflikte und Verantwortung bei der Technologieanwendung und -entwicklung (Conflicts and Responsibility in the Development and Application of Technology) | Dr. Mrotzek-Blöß | W 6211 | 1V+2S | 3 | 42 h / 48 h |
| 2 | Nachhaltigkeit und globaler Wandel (Sustainability and Global Change) | Prof. Berg | S 8066 | 2V | 2 | 28 h / 62 h |
| Summe: | | | | | 5 | 70 / 110 h |
| Zu Nr. 1: | | | | | | |
| 18a. Empf. Voraussetzungen | | Regelmäßige Teilnahme und Interesse an Disziplinen übergreifendem Denken | | | | |
| 19a. Inhalte | | <ul style="list-style-type: none"> - Einführung in das Thema - Technologie- und Umweltkonflikte im Recycling - Unsicherheiten und Konflikte - Verantwortungsvolle Technologieentwicklung - Entwicklung eines persönlichen Code of Conduct <p>Das Seminar ist in vier konsekutive Blöcke (à 8 Semesterwochenstunden) unterteilt. Neben einer regelmäßigen Teilnahme ist auch die Anfertigung und Diskussion eines Thesenpapiers vorgesehen, das die beispielhafte Erarbeitung eines Verhaltenskodex in verschiedenen künftigen Arbeitsbereichen der Studierenden zum Gegenstand hat. Die Veranstaltung ist interaktiv ausgelegt und bedient sich verschiedener, teilweise experimenteller Workshop- und Diskussionsformate z. B. Planspiele.</p> | | | | |
| 20a. Medienformen | | Beamerpräsentation, Stud.IP | | | | |
| 21a. Literatur | | <ul style="list-style-type: none"> - Bösch, Stefan: Reflexive Wissenspolitik: die Bewältigung von (Nicht-)Wissenskonflikten als institutionenpolitische Herausforderung, in: Peter H. Feindt/Thomas Saretzki (Hg.): Umwelt- und Technologiekonflikte, Springer VS Verlag: Wiesbaden 2010, S. 104-122. - Doorn, Neelke: Responsibility Ascriptions in Technology Development and Engineering: Three Perspectives, in: Science and Engineering Ethics, Vol. 18 (1), February 2012, pp. 69-91. | | | | |
| 22a. Sonstiges | | ./. | | | | |

| Zu Nr. 2: | |
|-----------------------------------|---|
| 18b. Empf. Voraussetzungen | Keine |
| 19b. Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> - Definition des Problems: Die Umwelt schützen - warum und wozu? - Teil I: Entstehung des Problems <ul style="list-style-type: none"> - Zivilisationsfolgen und die "Eindringtiefe" moderner Technik - Wachstum und Rückkopplung - vernetzte Welt - Bevölkerungsdynamik - Teil II: Dimensionen des Problems <ul style="list-style-type: none"> - Quellen: Ressourcen und Energie - Senken: Umweltveränderungen - Boden, Wasser, Luft - Entwicklung: Grenzen des reinen Umweltschutzes und "nachhaltige Entwicklung" - Teil III: Mittel zur Beschreibung des Problems <ul style="list-style-type: none"> - Datenerhebung - Theoriebildung am Beispiel des Syndromkonzepts des WBGU: <ul style="list-style-type: none"> - Syndromgruppe Quellen - Syndromgruppe Senken - Syndromgruppe Entwicklung - (Vernetzung als Syndrom) - Teil IV: Ansätze zur Lösung des Problems <ul style="list-style-type: none"> - "End-of-Pipe": Umweltschutztechnologien und ihre Implementation - Rebound-Effekt und Suffizienz - Technikbewertung - Technik und Ethik und die Überwindung der "zwei Kulturen" |
| 20b. Medienformen | Beamerpräsentation, Stud.IP, Skript |
| 21b. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - Berg, Christian: Vernetzung als Syndrom. Risiken und Chancen von Vernetzungsprozessen für eine nachhaltige Entwicklung, Campus-Verlag: Frankfurt am Main 2005. (Standardwerk) - Jischa, Michael F.: Herausforderung Zukunft. Technischer Fortschritt und Globalisierung, Springer Spektrum: Berlin (2. Auflage) 2014. - Skript. |
| 22b. Sonstiges | ./. |

Studien-/Prüfungsleistung

| 23. Nr. | 24. Zugeordnete Lehrveranstaltung | 25. P.-Art | 26. LP | 27. Benotung | 28. Anteil an der Modulnote |
|---|---|--|---------------|---------------------|------------------------------------|
| 1 | Konflikte und Verantwortung bei der Technologieanwendung und -entwicklung | MTP | 3 | benotet | 50 % |
| 2 | Nachhaltigkeit und globaler Wandel | MTP | 3 | benotet | 50 % |
| Zu Nr. 1: | | | | | |
| 29a. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | | SL Die Seminarleistung umfasst ein schriftliches Thesenpapier zu einem in der LV behandelten Thema. | | | |
| 30a. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | | Dr. Mrotzek-Blöß | | | |
| 31a. Verbindliche Prüfungsvorleistungen | | Keine | | | |
| Zu Nr. 2: | | | | | |
| 29b. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | | Klausur (60 Minuten) oder mündliche Prüfung (20 Minuten) | | | |
| 30b. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | | Prof. Berg | | | |
| 31b. Verbindliche Prüfungsvorleistungen | | Keine | | | |

| | |
|---------------------------------|--|
| 1a. Modultitel (deutsch) | 1b. Modultitel (englisch) Spatio-Temporal Analysis and Modeling of Geodata |
|---------------------------------|--|

| | | | |
|---|--|---|--|
| 2. Verwendbarkeit des Moduls in Studiengängen Master Geoenvironmental Engineering, Master Computer science, Master Mining Engineering | | | |
| 3. Modulverantwortliche(r) Prof. Dr.-Ing. Paffenholz | | 4. Zuständige Fakultät Fakultät für Energie- und Wirtschaftswissenschaften | |
| 5. Modulnummer | | 6. Sprache deutsch, bei Bedarf englisch | |
| 7. LP 6 | | 8. Dauer [X] 1 Semester [..] 2 Semester | |
| 9. Angebot [] jedes Semester [X] jedes Studienjahr [] unregelmäßig | | 10. Lern-/Qualifikationsziele des Moduls This module aims at deepening the knowledge in the scope of spatio-temporal analysis and modeling of geodata that allows the students to analyze and model geodata in temporal and spatial domains. After successful completion of this module, the students are able to: <ul style="list-style-type: none"> - Explain the analysis of continuous measurement data; - Interpret and judge stochastic processes; - Perform time series analysis in time and frequency domain; - Modell and approximate spatial geodata (3D surfaces) by means of deterministic (e.g., B-Splines) and stochastic (e.g., least squares collocation) approaches. | |

| Lehrveranstaltungen | | | | | | |
|-----------------------------------|---|--|-------------------|-------------------|----------------|---|
| 11. Nr. | 12. Lehrveranstaltungstitel (deutsch/englisch) | 13. Dozent(in) | 14. LV-Nr. | 15. LV-Art | 16. SWS | 17. Arbeitsaufwand Präsenz-/Eigenstudium |
| 1 | Spatio-Temporal Analysis and Modeling of Geodata | Prof. Paffenholz | W 6310 | 3V+2Ü | 5 | 70 h / 110 h |
| Summe: | | | | | 5 | 70 h / 110 h |
| Zu Nr. 1: | | | | | | |
| 18a. Empf. Voraussetzungen | | <ul style="list-style-type: none"> - Module Adjustment Computations and Approximation of Spatial Data or equivalent fundamental courses in engineering mathematics and applied statistics in previous bachelor degree - Basic knowledge and skills in Matlab | | | | |

| | |
|--------------------------|---|
| 19a. Inhalte | <p>This module introduces following fundamental topics in the scope of Spatio-Temporal Analysis and Modeling of Geodata:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Properties and statistics of stochastic processes - Time series analysis in time and frequency domain - Outline of filter theory: mathematical and physical - Covariance analysis - Deterministic surface approximation using polynomial surface and free-form surfaces, such as Bézier, B-Splines, and Non-uniform rational B-Splines - Stochastic surface approximation using, e.g., least squares collocation <p>The homework exercises deal with exemplary sets of spatial geodata, which have to be analyzed with Matlab or Python. The results of the analysis have to be documented in written form, where the results have to be discussed, to be interpreted and to be judged.</p> |
| 20a. Medienformen | <p>Beamer presentation, Stud.IP, Moodle-course, Smartboard, homework with Matlab, Python [and partially GIS software (e.g. QGIS)]</p> |
| 21a. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - Brockwell, Peter J./Davis, Richard A.: Introduction to Time Series and Forecasting, Springer: Cham (3rd Edition) 2016. - Hamilton, James D.: Time Series Analysis, Princeton University Press: Princeton, NJ 1994. (Standard Text Book) - Piegl, Les/Tiller, Wayne: The NURBS Book, Springer: Berlin/Heidelberg (2nd Edition) 1997, doi https://doi.org/10.1007/978-3-642-59223-2. (Standard Text Book) <p>The above-mentioned literature gives an overview. In the lecture, more in-depth literature is given for selected sections.</p> |
| 22a. Sonstiges | <p>./.</p> |

| Studien-/Prüfungsleistung | | | | | |
|----------------------------------|--|-------------------|---------------|---------------------|------------------------------------|
| 23. Nr. | 24. Zugeordnete Lehrveranstaltung | 25. P.-Art | 26. LP | 27. Benotung | 28. Anteil an der Modulnote |
| 1 | Spatio-Temporal Analysis and Modeling of Geodata | MP | 6 | graded | 100 % |
| 2 | Homework to Spatio-Temporal Analysis and Modeling of Geodata | PV | 0 | not graded | 0 % |
| Zu Nr. 1: | | | | | |

| | |
|---|---|
| 29a. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | Written exam (120 minutes) or oral exam (40 minutes, individual exam) |
| 30a. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | Prof. Paffenholz |
| 31a. Verbindliche Prüfungsvorleistungen | <p>Successful participation in the homework for Spatio-Temporal Analysis and Modeling of Geodata.</p> <p>Up to 4 worksheets with one exercise, each on the topics of the lecture will be handed out during the module.</p> <p>See 19a for more details.</p> |
| Zu Nr. 2: | |
| 29b. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | <p>HA</p> <p>Homework as preliminary work for the module examination (see "To No. 1")</p> |
| 30b. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | Prof. Paffenholz |

| | |
|---------------------------------|---|
| 1a. Modultitel (deutsch) | 1b. Modultitel (englisch) 3D Point Cloud Based Monitoring of Natural and Anthropogenic Structures |
|---------------------------------|---|

| | | | |
|--|-------------------|--|--|
| 2. Verwendbarkeit des Moduls in Studiengängen | | | |
| Master Geoenvironmental Engineering | | | |
| 3. Modulverantwortliche(r) Prof. Dr.-Ing. Paffenholz | | 4. Zuständige Fakultät Fakultät für Energie- und Wirtschaftswissenschaften | |
| 5. Modulnummer | | | |
| 6. Sprache deutsch, bei Bedarf englisch | 7. LP 6 | 8. Dauer [X] 1 Semester [..] 2 Semester | 9. Angebot [] jedes Semester [X] jedes Studienjahr [] unregelmäßig |
| 10. Lern-/Qualifikationsziele des Moduls | | | |
| <p>This module aims at 3D point cloud based monitoring of natural and anthropogenic structures that enable the students to operate a laser scanner and apply its 3D point clouds to monitoring purposes. Next to technical aspects of the sensor, the students will have in depth knowledge about geodetic deformation analysis and geodetic monitoring by means of 3D point clouds.</p> <p>After successful completion of this module, the students are able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Give an overview of the laser scanning technology and its application to monitoring; - Interpret and judge the uncertainty budget of the laser scanner and its 3D point cloud; - Explain and judge the demand for geo-referencing of 3D point clouds; - Plan, perform and evaluate a 3D point cloud based monitoring. | | | |

| Lehrveranstaltungen | | | | | | |
|----------------------------|---|------------------|------------|------------|---------|--|
| 11. Nr. | 12. Lehrveranstaltungstitel (deutsch/englisch) | 13. Dozent(in) | 14. LV-Nr. | 15. LV-Art | 16. SWS | 17. Arbeitsaufwand Präsenz-/Eigenstudium |
| 1 | 3D Point Cloud Based Monitoring of Natural and Anthropogenic Structures | Prof. Paffenholz | S 6311 | 3V+2Ü | 5 | 70 h / 110 h |
| Summe: | | | | | 5 | 70 h / 110 h |
| Zu Nr. 1: | | | | | | |

| | |
|-----------------------------------|--|
| 18a. Empf. Voraussetzungen | <ul style="list-style-type: none"> - Module Adjustment Computations and Approximation of Spatial Data; - Module Spatio-Temporal Analysis and Modeling of Geodata - Basic programming skills in Matlab and Python |
| 19a. Inhalte | <p>This module deals with the following topics in the scope of 3D point cloud based monitoring of natural and anthropogenic structures:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Brief introduction of laser scanner technology - Uncertainty budget of laser scanners and 3D point clouds - Geo-referencing of 3D point clouds - Fundamentals of geodetic deformation analysis and geodetic monitoring of natural and anthropogenic structures - Planning of a 3D point cloud based monitoring - Analysis approached for 3D point cloud based monitoring - Selected projects and applications <p>The practical work covers a) laboratory experiments to judge the performance of the used laser scanner and b) the planning, performing and evaluation of practical measurements with a laser scanner for a selected real-world monitoring scenario. The results of the practical work have to be documented in written and scientific form, where the results have to be discussed, to be interpreted and to be judged. Also the results have to be presented orally or by a poster presentation with a duration of 20 minutes with additional 15 minutes of a scientific discussion.</p> |
| 20a. Medienformen | <p>Beamer presentation, Stud.IP, Moodle-course, Smartboard, practical work with a laser scanner and data analysis with Matlab, Python and CloudCompare</p> |
| 21a. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - Paffenholz, Jens-André: Direct Geo-Referencing of 3D Point Clouds with 3D Positioning Sensors (PhD Thesis), Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (Deutsche Geodätische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften): München 2012. https://doi.org/10.15488/4698. - Vosselman, George/Maas, Hans-Gerd, (Eds.): Airborne and Terrestrial Laser Scanning, Whittles Publishing: Dunbeath et al. (Reprint) 2011. - Wujanz, Daniel: Terrestrial Laser Scanning for Geodetic Deformation Monitoring (PhD Thesis), Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (Deutsche Geodätische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften): München 2016 (Reihe C, |

| | |
|-----------------------|---|
| | 775), http://www.dgk.badw.de/devweb.mwn.de/fileadmin/docs/c-775.pdf . The above-mentioned literature gives an overview. In the lecture, more in-depth literature is given for selected sections. |
| 22a. Sonstiges | ./. |

| Studien-/Prüfungsleistung | | | | | |
|---|---|--|---------------|---------------------|------------------------------------|
| 23. Nr. | 24. Zugeordnete Lehrveranstaltung | 25. P.-Art | 26. LP | 27. Benotung | 28. Anteil an der Modulnote |
| 1 | 3D Point Cloud Based Monitoring of Natural and Anthropogenic Structures | MP | 6 | graded | 100 % |
| 2 | Practical Work to 3D Point Cloud Based Monitoring of Natural and Anthropogenic Structures | PV | 0 | not graded | 0 % |
| Zu Nr. 1: | | | | | |
| 29a. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | | Written exam (120 minutes) or oral exam (40 minutes, individual exam) | | | |
| 30a. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | | Prof. Paffenholz | | | |
| 31a. Verbindliche Prüfungsvorleistungen | | Successful participation in the practical work in small groups for 3D Point Cloud Based Monitoring of Natural and Anthropogenic Structures. See 19a for more details. | | | |
| Zu Nr. 2: | | | | | |
| 29b. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | | PrA Practical Work as preliminary work for the module examination (see "To No. 1") | | | |
| 30b. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | | Prof. Paffenholz | | | |

| | |
|---------------------------------|--|
| 1a. Modultitel (deutsch) | 1b. Modultitel (englisch) Optical Remote Sensing and Synthetic Aperture Radar Interferometry |
|---------------------------------|--|

| | | | |
|---|-------------------|--|--|
| 2. Verwendbarkeit des Moduls in Studiengängen | | | |
| Master Geoenvironmental Engineering, Master Computer science, Master Mining Engineering | | | |
| 3. Modulverantwortliche(r) Prof. Dr.-Ing. Paffenholz | | 4. Zuständige Fakultät Fakultät für Energie- und Wirtschaftswissenschaften | |
| 5. Modulnummer | | | |
| 6. Sprache deutsch, bei Bedarf englisch | 7. LP 6 | 8. Dauer [X] 1 Semester [..] 2 Semester | 9. Angebot [] jedes Semester [X] jedes Studienjahr [] unregelmäßig |
| 10. Lern-/Qualifikationsziele des Moduls | | | |
| This module aims at optical remote sensing and synthetic aperture radar (SAR) interferometry that enable the students to deepen their knowledge in optical remote sensing and learn the fundamentals of radar remote sensing. In particular, methods of evaluating and analyzing the data are provided. | | | |
| After successful completion of this module, the students are able to: | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Give an in depth overview of optical and radar remote sensing systems with its individual characteristics; - Apply advanced digital image processing techniques to optical remote sensing data - Explain and discuss the fundamentals of synthetic aperture radar interferometry; - Perform SAR data analysis by means of differential SAR interferometry (DInSAR) and persistent scatterer interferometry (PSI) approaches. | | | |

| Lehrveranstaltungen | | | | | | |
|-----------------------------------|--|---|------------|------------|---------|--|
| 11. Nr. | 12. Lehrveranstaltungstitel (deutsch/englisch) | 13. Dozent(in) | 14. LV-Nr. | 15. LV-Art | 16. SWS | 17. Arbeitsaufwand Präsenz-/Eigenstudium |
| 1 | Optical Remote Sensing and Synthetic Aperture Radar Interferometry | Prof. Paffenholz | S 6313 | 3V+2Ü | 5 | 70 h / 110 h |
| Summe: | | | | | 5 | 70 h / 110 h |
| Zu Nr. 1: | | | | | | |
| 18a. Empf. Voraussetzungen | | - Module GIS and Remote Sensing or Module Geomatics | | | | |

| | |
|--------------------------|--|
| 19a. Inhalte | <p>This module introduces following selected topics in the scope of optical remote sensing and fundamentals of synthetic aperture radar interferometry:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Brief review of physical basics of photogrammetry and remote sensing as well as sensors and platforms - Advanced digital image processing techniques divided in low-level (image preprocessing), mid-level (e.g. image segmentation) and high-level (e.g. object model) processing with a focus on the mid- and high-level. - Fundamentals of the theory of synthetic aperture radar (SAR) interferometry - Fundamentals of differential SAR interferometry (DInSAR) - Fundamentals of persistent scatterer interferometry (PSI) <p>The homework exercises deal with exemplary dataset a) optical images and b) radar images, which have to be analyzed with the open source software Orfeo toolbox and Sentinel Application Platform (SNAP), StaMPS and commercial software, ENVI/SARscape Analytics. The results of the practical work have to be documented in written and scientific form, where the results have to be discussed, to be interpreted and to be judged. Also the results have to be presented orally or by a poster presentation with a duration of 20 minutes with additional 15 minutes of a scientific discussion.</p> |
| 20a. Medienformen | <p>Beamer presentation, Stud.IP, Moodle-course, Smartboard, homework with Matlab, StaMPS, ENVI/SARscape Analytics</p> |
| 21a. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - Albertz, Jörg: Einführung in die Fernerkundung. Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern, WBG (Wissenschaftliche Buchgesellschaft): Darmstadt (5. aktualisierte Auflage) 2013. - Hanssen, Ramon F.: Radar Interferometry: Data Interpretation and Error Analysis, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht et al. 2010. - Luhmann, Thomas: Nahbereichsphotogrammetrie. Grundlagen - Methoden - Beispiele. 4., neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Berlin, Offenbach: Wichmann 2018. Also available as English edition: Luhmann, T.; Robson, Stuart; Kyle, Stephen; Boehm, Jan: Close-range photogrammetry and 3D imaging. 2nd edition. Berlin: de Gruyter (De Gruyter textbook) 2014. <p>The above-mentioned literature gives an overview. In the lecture, more in-depth literature is given for selected sections.</p> |
| 22a. Sonstiges | <p>./.</p> |

| Studien-/Prüfungsleistung | | | | | |
|---|--|---|---------------|---------------------|------------------------------------|
| 23. Nr. | 24. Zugeordnete Lehrveranstaltung | 25. P.-Art | 26. LP | 27. Benotung | 28. Anteil an der Modulnote |
| 1 | Optical Remote Sensing and Synthetic Aperture Radar Interferometry | MP | 6 | graded | 100 % |
| 2 | Homework to Optical Remote Sensing and Synthetic Aperture Radar Interferometry | PV | 0 | not graded | 0 % |
| Zu Nr. 1: | | | | | |
| 29a. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | | Written exam (120 minutes) or oral exam (40 minutes, individual exam) | | | |
| 30a. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | | Prof. Paffenholz | | | |
| 31a. Verbindliche Prüfungsvorleistungen | | <p>Successful participation in the homework for Optical Remote Sensing and Synthetic Aperture Radar Interferometry.</p> <p>Up to 4 worksheets with one exercise, each on the topics of the lecture will be handed out during the module.</p> <p>See 19a for more details.</p> | | | |
| Zu Nr. 2: | | | | | |
| 29b. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | | <p>HA</p> <p>Homework as preliminary work for the module examination (see "To No. 1")</p> | | | |
| 30b. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | | Prof. Paffenholz | | | |

| | |
|---------------------------------|---|
| 1a. Modultitel (deutsch) | 1b. Modultitel (englisch) Multi Sensor Systems: Design, Calibration and Realization |
|---------------------------------|---|

| | | | |
|---|-------------------|--|--|
| 2. Verwendbarkeit des Moduls in Studiengängen | | | |
| Master Geoenvironmental Engineering, Master Computer science, Master Mining Engineering, Master Maschinenbau | | | |
| 3. Modulverantwortliche(r) Prof. Dr.-Ing. Paffenholz | | 4. Zuständige Fakultät Fakultät für Energie- und Wirtschaftswissenschaften | |
| 5. Modulnummer | | | |
| 6. Sprache deutsch, bei Bedarf englisch | 7. LP 6 | 8. Dauer [X] 1 Semester [..] 2 Semester | 9. Angebot [] jedes Semester [X] jedes Studienjahr [] unregelmäßig |
| 10. Lern-/Qualifikationsziele des Moduls | | | |
| This module aims at multi sensor systems from their design, the calibration and ending with the prototypic realization and data acquisition. This enables the students to deepen their knowledge in the scope of geo-sensors and their fusion in multi sensor systems (MSS). | | | |
| After successful completion of this module, the students are able to: | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Describe the design/setup and the operating mode of the introduced MSS; - Classify and to judge the uncertainty budget of MSS; - Realize and implement individual sensor controls in common programming languages like Matlab or Python; - Calibrate MSS, synchronize the measurement values and perform a basic analysis of captured data | | | |

| Lehrveranstaltungen | | | | | | |
|----------------------------|---|-----------------------|-------------------|-------------------|----------------|---|
| 11. Nr. | 12. Lehrveranstaltungstitel (deutsch/englisch) | 13. Dozent(in) | 14. LV-Nr. | 15. LV-Art | 16. SWS | 17. Arbeitsaufwand Präsenz-/Eigenstudium |
| 1 | Multi Sensor Systems: Design, Calibration and Realization | Prof. Paffenholz | W 6312 | 3V+2Ü | 5 | 70 h / 110 h |
| Summe: | | | | | 5 | 70 h / 110 h |
| Zu Nr. 1: | | | | | | |

| | |
|-----------------------------------|--|
| 18a. Empf. Voraussetzungen | <ul style="list-style-type: none"> - Module Adjustment Computations and Approximation of Spatial Data or equivalent fundamental courses in engineering mathematics and applied statistics in previous bachelor degree - Basic programming skills in Matlab and Python |
| 19a. Inhalte | <p>This module deals with in depth topics in the scope of geo-sensors and their fusion in multi sensor systems:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Brief overview of geo-sensors and sensor systems with pointing at the benefit of MSS - Micro controller (e.g., Raspberry PI, Jetson Nano) and registration of measurement data using the Robot Operating System (ROS) - Synchronization and calibration aspects: temporal and spatial domain - Fundamental analysis strategies in recursive state space filter (Kalman filter) <p>The practical work covers the individual sensor control and assembly of multiple sensors to a MSS and subsequent data acquisition. The results of the practical work have to be documented in written and scientific form, where the results have to be discussed, to be interpreted and to be judged. Also the results have to presented orally or by a poster presentation with a duration of 20 minutes with additional 15 minutes of a scientific discussion.</p> |
| 20a. Medienformen | <p>Beamer presentation, Stud.IP, Smartboard, practical work with sensors, micro controller and programming with Matlab, Python and ROS</p> |
| 21a. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - Heunecke, Otto u. a.: Auswertung geodätischer Überwachungsmessungen, Wichmann: Berlin u. a. (2. neu bearbeitete und erweiter Auflage) 2013. - The Robot Operating System. www.ros.org, last visited 12/2022. - Thrun, Sebastian/Burgard, Wolfram/Fox, Dieter: Probabilistic Robotics, MIT Press: Cambridge, Mass./London, England 2006. <p>The above-mentioned literature gives an overview. In the lecture, more in-depth literature is given for selected sections.</p> |
| 22a. Sonstiges | <p>./.</p> |

| Studien-/Prüfungsleistung | | | | | |
|----------------------------------|---|------------|--------|--------------|-----------------------------|
| 23. Nr. | 24. Zugeordnete Lehrveranstaltung | 25. P.-Art | 26. LP | 27. Benotung | 28. Anteil an der Modulnote |
| 1 | Multi Sensor Systems: Design, Calibration and Realization | MP | 6 | graded | 100 % |

| | | | | | |
|---|--|--|---|------------|-----|
| 2 | Practical Work to Multi Sensor Systems: Design, Calibration and Realization | PV | 0 | not graded | 0 % |
| Zu Nr. 1: | | | | | |
| 29a. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | | Written exam (120 minutes) or oral exam (40 minutes, individual exam) | | | |
| 30a. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | | Prof. Paffenholz | | | |
| 31a. Verbindliche Prüfungsvorleistungen | | Successful participation in the practical work in small groups for Multi Sensor Systems: Design, Calibration and Realization. See 19a for more details. | | | |
| Zu Nr. 2: | | | | | |
| 29b. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | | PrA Practical Work as preliminary work for the module examination (see "To No. 1") | | | |
| 30b. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | | Prof. Paffenholz | | | |

| | |
|---|---|
| 1a. Modultitel (deutsch) Multiphysikalische Prozesse in der Geomechanik | 1b. Modultitel (englisch) Multiphysical Processes in Geomechanics |
|---|---|

| | | | |
|--|--|---|--|
| 2. Verwendbarkeit des Moduls in Studiengängen Master Geoenvironmental Engineering | | | |
| 3. Modulverantwortliche® Prof. Dr.-Ing. Gerolymatou | | 4. Zuständige Fakultät Fakultät für Energie- und Wirtschaftswissenschaften | |
| 5. Modulnummer | | 6. Sprache deutsch | |
| 7. LP 6 | | 8. Dauer <input checked="" type="checkbox"/> 1 Semester <input type="checkbox"/> 2 Semester | |
| 9. Angebot <input type="checkbox"/> jedes Semester <input checked="" type="checkbox"/> jedes Studienjahr <input type="checkbox"/> unregelmäßig | | 10. Lern-/Qualifikationsziele des Moduls Die Studierenden haben einen Überblick über hydro-, thermo- und chemo- mechanische Phänomene in der Boden- und Felsmechanik. Der Einfluss von Fluiden, Temperatur und Chemie auf dem mechanischen Verhalten wird übermittelt. Darüber hinaus erlangen die Studierenden Kenntnisse zu den passenden Berechnungsmethoden, sowohl analytisch als auch numerisch. Die Studierenden lernen die unterschiedlichen numerischen Methoden für die Simulation von geomechanischen Prozessen anhand von Beispielen kennen. Für ausgewählte Methoden sind Übungen vorgesehen, in welchen die Studierenden die Methoden zur Lösung von Problemen mit einfacher Geometrie anwenden sollen. Die Studierenden sind in der Lage die richtigen Modellierungsmethoden korrekt anzuwenden und die Ergebnisse kritisch zu beurteilen. | |

| Lehrveranstaltungen | | | | | | |
|---------------------|---|-------------------|------------|------------|---------|--|
| 11. Nr. | 12. Lehrveranstaltungstitel (deutsch/englisch) | 13. Dozent(in) | 14. LV-Nr. | 15. LV-Art | 16. SWS | 17. Arbeitsaufwand Präsenz-/Eigenstudium |
| 1 | Gekoppelte Phänomene in der Geomechanik (Coupled phenomena in Geomechanics) | Prof. Gerolymatou | S 6229 | 2V | 2 | 28 h / 62 h |
| 2 | Numerische Verfahren für multiphysikalische Prozesse (Numerical methods for multiphysical processes) | Prof. Gerolymatou | S 6232 | 1V+1Ü | 2 | 28 h / 62 h |
| Summe: | | | | | 4 | 56 h / 124 h |
| Zu Nr. 1: | | | | | | |

| | |
|-----------------------------------|--|
| 18a. Empf. Voraussetzungen | <ul style="list-style-type: none"> - Modul Geomechanik und - Modul Technische Mechanik I und Technische Mechanik II |
| 19a. Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> - Bedeutung von "Gekoppelten Prozessen" - Bewegung von Wasser in Geomaterialien - Hydromechanische Wechselwirkungen (Teilsättigung, Verflüssigung, Erosion, Auflösung) - Thermomechanische Wechselwirkungen (Ausdehnung, Einfluss auf Sprödigkeit, Einfluss auf Festigkeit, Kriechen) - Chemomechanische Wechselwirkungen (Verwitterung, Quellen, Dissolution) - Biomechanische Phänomene - Komplexe Beispiele |
| 20a. Medienformen | Tafel, Folien, Skript, Smartboard |
| 21a. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - Kolymbas, Dimitrios: Geotechnik. Bodenmechanik, Grundbau und Tunnelbau, Springer Verlag: Berlin (4. Auflage) 2016. - Hoek, Evert: Practical Rock Engineering, frei verfügbar online 2020. - Schrefler Bernhard, Sanavia Lorenzo, Collin Frédéric: Coupled and multiphysics phenomena, Alert doctoral school frei verfügbar online 2020. - Aydan, Ömer: Rock Mechanics and Rock Engineering : Volume 1: Fundamentals of Rock Mechanics, CRC Press LLC, 2019. |
| 22a. Sonstiges | ./. |
| Zu Nr. 2: | |
| 18b. Empf. Voraussetzungen | <ul style="list-style-type: none"> - Modul Geomechanik - Modul Technische Mechanik I und Technische Mechanik II |
| 19b. Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> - Finite Elemente für gekoppelte Prozesse - Anwendungsbeispiele und häufige Fehler - Discrete Fracture Networks (DFN) Methoden - Anwendungsbeispiele für Flussprozessen in zerklüfteter Felsmasse - Diskrete Elemente Methoden - Anwendung im Bereich der internen Erosion - Netzfremde Methoden: Vor- und Nachteile |
| 20b. Medienformen | Tafel, Folien, Skript, Smartboard |
| 21b. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - Pastor, Manuel; Tamagnini, Claudio: Numerical modelling in geomechanics, Kogan Page Science 2004. |

| | |
|-----------------------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Rao, Singiresu S.: The finite element method in engineering, Elsevier 2005. - Thornton, Colin: Granular dynamics, contact mechanics and particle system simulations: a DEM study, Springer 2015. - Wei Wu, Manuel Pastor: Point based numerical methods in geomechanics, Alert doctoral school frei verfügbar online 2020. |
| 22b. Sonstiges | ./. |

| Studien-/Prüfungsleistung | | | | | |
|---|--|---|---------------|---------------------|------------------------------------|
| 23. Nr. | 24. Zugeordnete Lehrveranstaltung | 25. P.-Art | 26. LP | 27. Benotung | 28. Anteil an der Modulnote |
| 1 | Gekoppelte Phänomene in der Geomechanik Numerische Verfahren für multi-physikalische Prozesse | MP | 6 | benotet | 100 % |
| 2 | Hausübung zu Numerische Verfahren für multiphysikalische Prozesse | PV | 0 | unbenotet | 0 % |
| Zu Nr. 1: | | | | | |
| 29a. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | | Klausur (120 Minuten) oder mündliche Prüfung (40 Minuten) | | | |
| 30a. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | | Prof. Gerolymatou | | | |
| 31a. Verbindliche Prüfungsvorleistungen | | Simulation eines geomechanischen Problems – das Problem und die numerische Methode werden von den Studierenden ausgewählt | | | |
| Zu Nr. 2: | | | | | |
| 29b. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | | HA Hausübung als Prüfungsvorleistung zur Modulprüfung (siehe „Zu Nr. 1“) | | | |
| 30b. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | | Prof. Gerolymatou | | | |

| | |
|--|--|
| 1a. Modultitel (deutsch) Numerische Modellierung | 1b. Modultitel (englisch) Numerical Modeling |
|--|--|

| | | | |
|--|-------------------|---|--|
| 2. Verwendbarkeit des Moduls in Studiengängen Master Geoenvironmental Engineering | | | |
| 3. Modulverantwortliche(r) Prof. Dr.-Ing. Meyer | | 4. Zuständige Fakultät Fakultät für Energie- und Wirtschaftswissenschaften | |
| 5. Modulnummer | | | |
| 6. Sprache deutsch | 7. LP 6 | 8. Dauer [X] 1 Semester [.] 2 Semester | 9. Angebot [] jedes Semester [X] jedes Studienjahr [] unregelmäßig |
| 10. Lern-/Qualifikationsziele des Moduls | | | |
| <p>Die Studierenden verstehen nach Abschluss der Lehrveranstaltung die sicherheitstheoretischen Grundlagen in Teilbereichen der Geotechnik, hier insbesondere der Flachgründungen, der Stützkonstruktionen und bei Hangsicherungsmaßnahmen. Einzelne Nachweisführungen der Stand- und Gebrauchstauglichkeit werden beherrscht, sodass eigene einfache Berechnungen und eine weiterführende eigene Vertiefung möglich sind.</p> <p>Des Weiteren erlangen die Studierenden Fähigkeiten zur Planung von FE-Projekten, Modellbildung, Durchführung von FE-Analysen, Evaluation von FE-Analysen, Validierung von FE-Analysen, Dokumentation von FE-Projekten, sowie zur Abschätzung der 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-Trag system usw.) mit einem FEM-Programm numerisch simulieren.</p> | | | |

| Lehrveranstaltungen | | | | | | |
|----------------------------|--|-------------------------------|-------------------|-------------------|----------------|---|
| 11. Nr. | 12. Lehrveranstaltungstitel (deutsch/englisch) | 13. Dozent(in) | 14. LV-Nr. | 15. LV-Art | 16. SWS | 17. Arbeitsaufwand Präsenz-/Eigenstudium |
| 1 | Rechnergestützte Nachweisverfahren in der Geotechnik (Computer Assisted Stability Calculations in Geotechnics) | Prof. Meyer Dr. Emersleben | W 6318 | 2V | 2 | 28 h / 62 h |
| 2 | Angewandte Finite Elemente (Applied Finite Elements) | Prof. Hou | W 6151 | 1V+1Ü | 2 | 28 h / 62 h |

| | | | | |
|-----------------------------------|--|---------------|---|--------------|
| | | Summe: | 4 | 56 h / 124 h |
| Zu Nr. 1: | | | | |
| 18a. Empf. Voraussetzungen | Modul Erd- und Grundbau | | | |
| 19a. Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> - Hinführung und Überblick in Anlehnung an EC 7-1 - gezielte Vorstellung unterschiedlicher Softwarepakete - Ableitung vereinfachter Baugrundmodelle - Auswahl geeigneter Nachweisverfahren (Anwendungsgrenzen) - Durchführung von Standsicherheits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweisen ausgewählter Fallbeispiele - Interpretation und Diskussion der Bemessungsergebnisse | | | |
| 20a. Medienformen | Tafel, Smartboard, Lehrvideos, Computerpool | | | |
| 21a. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - Dörken, Wolfram/Dehne, Erhard/Kliesch, Kurt: Grundbau in Beispielen. Teil 1-3, Bundesanzeiger Verlag: Köln (4. überarb. und aktual. Auflage) 2017. - Kempfert, Hans-Georg/Raithel, Marc: Geotechnik nach Eurocode. Bd. 1 & 2, Beuth Verlag: Berlin/Wien/Zürich (4. überarb. Auflage) 2015. - Witt, Karl-Josef (Hg.): Grundbau-Taschenbuch. Teil 3: Gründungen und geotechnische Bauwerke, Ernst und Sohn Verlag: Berlin (8. Auflage) 2018. | | | |
| 22a. Sonstiges | ./. | | | |
| Zu Nr. 2: | | | | |
| 18b. Empf. Voraussetzungen | - Modul Geotechnische Modellierungsverfahren | | | |
| 19b. Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> - 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, Kammerpfeiler-Tragsystem usw.) - Einführung und Übungen zum FEM-Programm PLAXIS oder FDM-Programm FLAC3D - Be- und Auswertung von Berechnungsergebnissen | | | |
| 20b. Medienformen | Tafel, Beamerpräsentationen, Skript, rechnergestützte Übungen | | | |

| | |
|-----------------------|---|
| 21b. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - Hou, Zhengmeng: Geomechanische Planungskonzepte für untertägige Tragwerke mit besonderer Berücksichtigung von Gefügeschädigung, Verheilung und hydromechanischer Kopplung. Ein Beitrag zur Entwicklung bzw. Anwendung von computergestützten Simulationsmodellen für den Sicherheitsnachweis von geologischen und geotechnischen Barrieren in Salz- und Tongesteinen (Habilitationsschrift an der TU Clausthal), Papierflieger-Verlag: Clausthal-Zellerfeld 2002. - Klein, Bernd: FEM. Grundlagen und Anwendungen der Finite-Elemente-Methode im Maschinen- und Fahrzeugbau, Vieweg + Teubner Verlag: Wiesbaden (10. verbesserte Auflage) 2015. - Müller, Günter/Groth, Clemens: FEM für Praktiker. Band 1: Grundlagen. Basiswissen und Arbeitsbeispiele zu FEM-Anwendungen – Lösungen mit dem Programm ANSYS Rev. 9/10, Expert Verlag: Renningen (8. neu bearb. Auflage) 2007. |
| 22b. Sonstiges | ./. |

| Studien-/Prüfungsleistung | | | | | |
|---|--|--|---------------|---------------------|------------------------------------|
| 23. Nr. | 24. Zugeordnete Lehrveranstaltung | 25. P.-Art | 26. LP | 27. Benotung | 28. Anteil an der Modulnote |
| 1 | Rechnergestützte Nachweisverfahren in der Geotechnik | MTP | 3 | benotet | 50 % |
| 2 | Angewandte Finite Elemente | MTP | 3 | benotet | 50 % |
| Zu Nr. 1: | | | | | |
| 29a. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | | Hausarbeit | | | |
| 30a. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | | Prof. Meyer | | | |
| 31a. Verbindliche Prüfungsvorleistungen | | ./. | | | |
| Zu Nr. 2: | | | | | |
| 29b. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | | Klausur (60 Minuten) oder mündliche Prüfung (20 Minuten) | | | |
| 30b. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | | Prof. Hou | | | |
| 31b. Verbindliche Prüfungsvorleistungen | | ./. | | | |

| | |
|---|--|
| 1a. Modultitel (deutsch) Tunnelbau & Tunnelstatik | 1b. Modultitel (englisch) Tunneling & Tunnel Statics |
|---|--|

| | | | |
|---|--|--|--|
| 2. Verwendbarkeit des Moduls in Studiengängen Master Geoenvironmental Engineering | | | |
| 3. Modulverantwortliche(r) Prof. Dr.-Ing. Meyer | | 4. Zuständige Fakultät Fakultät für Energie- und Wirtschaftswissenschaften | |
| 5. Modulnummer | | 6. Sprache deutsch | |
| 7. LP 6 | | 8. Dauer [X] 1 Semester [..] 2 Semester | |
| 9. Angebot [] jedes Semester [X] jedes Studienjahr [] unregelmäßig | | 10. Lern-/Qualifikationsziele des Moduls Die Studierenden haben einen Überblick über offene, bergmännische und maschinelle Tunnelvortriebsverfahren in verschiedenen Bodenarten mit und ohne Einfluss von Grundwasser gewonnen. Darüber hinaus erlangen die Studierenden Kenntnisse zu den jeweiligen Anwendungsgrenzen, bautechnischen Voraussetzungen und Sicherungsmaßnahmen. Die Studierenden erlernen die statischen Besonderheiten der unterschiedlichen Tunneltragsysteme und deren grundlegende Bemessung (Belastungsansätze für Tunnel, Standsicherheit der Ortsbrust, Ausbaudimensionierung, Setzungsberechnung im Tunnelbau). Die Studierenden lernen damit alle wesentlichen Tunnelbauverfahren kennen und können grundsätzliche Analysen zum Tragverhalten durchführen. | |

| Lehrveranstaltungen | | | | | | |
|-----------------------------------|--|---|------------|------------|---------|--|
| 11. Nr. | 12. Lehrveranstaltungstitel (deutsch/englisch) | 13. Dozent(in) | 14. LV-Nr. | 15. LV-Art | 16. SWS | 17. Arbeitsaufwand Präsenz-/Eigenstudium |
| 1 | Tunnelbau (Tunneling) | Dr. Emersleben | S 6315 | 2V | 2 | 28 h / 62 h |
| 2 | Tunnelstatik (Tunnel Statics) | Prof. Gerolymatou | W 6232 | 1V+1Ü | 2 | 28 h / 62 h |
| Summe: | | | | | 4 | 56 h / 124 h |
| Zu Nr. 1: | | | | | | |
| 18a. Empf. Voraussetzungen | | Grundlagen der Geomechanik und der technischen Mechanik | | | | |
| 19a. Inhalte | | <ul style="list-style-type: none"> - Geschichtliche Entwicklung des Tunnelbaus - Offene Tunnelbauweisen - Absenktunnel | | | | |

| | |
|-----------------------------------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Bergmännische Tunnelbauweisen - Neue Österreichische Tunnelbauweise - Schildvortriebsmaschinen (SVM) - Tunnelbohrmaschinen |
| 20a. Medienformen | Tafel, Folien, Skript, Smartboard |
| 21a. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e. V. (Hg.): Taschenbuch für den Tunnelbau, DGGT, jeweils aktuellste Ausgabe. - Girmscheid, Gerhard: Baubetrieb und Bauverfahren im Tunnelbau, Ernst & Sohn: Berlin (2. Auflage) 2008. - Maidl, Bernhard u. a.: Maschineller Tunnelbau im Schildvortrieb, Ernst & Sohn: Berlin (2. vollst. überarb. und ergänzte Auflage) 2011. - Maidl, Bernhard: Tunnelbau im Sprengvortrieb, Springer Verlag: Berlin u. a. 1997 (Standardwerk). |
| 22a. Sonstiges | ./. |
| Zu Nr. 2: | |
| 18b. Empf. Voraussetzungen | Grundlagen der Geomechanik und Technische Mechanik |
| 19b. Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> - Gebirgsklassifikation - Spannung- und Verformungszustände im Gebirge - Ausbaukennlinien und Ausbaudimensionierung - Belastungsansätze von flach- und tiefliegenden Tunneln - Ortsbruststandsicherheit - Setzungen in Folge Tunnelvortrieb - Tunnel in quellfähigem Gestein |
| 20b. Medienformen | Tafel, Folien, Skript, Smartboard |
| 21b. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - Kastner, Hermann: Statik des Tunnel- und Stollenbaues. Auf der Grundlage geomechanischer Erkenntnisse, Springer Verlag: Berlin/Heidelberg 1971 (Standardwerk). - Kolymbas, Dimitrios: Geotechnik. Bodenmechanik, Grundbau und Tunnelbau, Springer Verlag: Berlin (4. Auflage) 2016. - Kolymbas, Dimitrios: Geotechnik. Tunnelbau und Tunnelmechanik: Eine systematische Einführung mit besonderer Berücksichtigung mechanischer Probleme, Springer Verlag: Berlin u. a. 1998 (Standardwerk). |
| 22b. Sonstiges | ./. |

| Studien-/Prüfungsleistung | | | | | |
|---|--|--|---------------|---------------------|------------------------------------|
| 23. Nr. | 24. Zugeordnete Lehrveranstaltung | 25. P.-Art | 26. LP | 27. Benotung | 28. Anteil an der Modulnote |
| 1 | Tunnelbau Tunnelstatik | MP | 6 | benotet | 100 % |
| 2 | Theoretische Arbeit zu Tunnelbau | PV | 0 | unbenotet | 0 % |
| Zu Nr. 1: | | | | | |
| 29a. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | | Klausur (120 Minuten) oder mündliche Prüfung (40 Minuten) | | | |
| 30a. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | | Dr. Emersleben | | | |
| 31a. Verbindliche Prüfungsvorleistungen | | Präsentation zu einem vorgegebenen Thema aus dem Bereich Tunnelbau (10 Minuten) | | | |
| Zu Nr. 2: | | | | | |
| 29b. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | | ThA Theoretische Arbeit als Prüfungsvorleistung zur Modulprüfung (siehe „Zu Nr. 1“) | | | |
| 30b. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | | Dr. Emersleben | | | |

| | |
|--|---|
| 1a. Modultitel (deutsch) Angewandte Geotechnik | 1b. Modultitel (englisch) Applied Geotechnics |
|--|---|

| | | | |
|---|-------------------|---|--|
| 2. Verwendbarkeit des Moduls in Studiengängen Master Geoenvironmental Engineering | | | |
| 3. Modulverantwortliche(r) Prof. Dr.-Ing. Meyer | | 4. Zuständige Fakultät Fakultät für Energie- und Wirtschaftswissenschaften | |
| 5. Modulnummer | | | |
| 6. Sprache deutsch | 7. LP 6 | 8. Dauer [.] 1 Semester [X] 2 Semester | 9. Angebot [] jedes Semester [X] jedes Studienjahr [] unregelmäßig |
| 10. Lern-/Qualifikationsziele des Moduls Die Studierenden haben einen Überblick über die Anwendungs- und Einsatzmöglichkeiten von geotechnischen Sicherungsmaßnahmen für den Hochwasser- und Umweltschutz gewonnen. Sie haben einen Überblick über verschiedene Spezialtiefbaumaßnahmen und können Verknüpfungen mit dem Modul Erd- und Grundbau herstellen. | | | |

| Lehrveranstaltungen | | | | | | |
|-----------------------------------|---|--|-------------------|-------------------|----------------|---|
| 11. Nr. | 12. Lehrveranstaltungstitel (deutsch/englisch) | 13. Dozent(in) | 14. LV-Nr. | 15. LV-Art | 16. SWS | 17. Arbeitsaufwand Präsenz-/Eigenstudium |
| 1 | Erd- und Grundbau III (Earthwork and Foundation Engineering III) | Prof. Meyer Dr. Emersleben | W 6320a | 2V+1Ü | 3 | 42 h / 93 h |
| 2 | Spezialtiefbau (Foundation Engineering) | Prof. Meyer | S 6320 | 1V | 1 | 14 h / 31 h |
| Summe: | | | | | 4 | 56 h / 124 h |
| Zu Nr. 1: | | | | | | |
| 18a. Empf. Voraussetzungen | | - Modul Erd- und Grundbau | | | | |
| 19a. Inhalte | | <ul style="list-style-type: none"> - Hochwasserschutz - Dämme, Deiche, Dichtwände - Bauwerksschutz - Bauen mit Geokunststoffen - Erd- und Verkehrswegebau | | | | |

| | |
|-----------------------------------|--|
| 20a. Medienformen | Tafel, Beamerpräsentation u. Skript auch im Stud.IP |
| 21a. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - Herrmann, Richard A./Jensen, Jürgen (Hg.): Sicherung von Dämmen, Deichen und Stauanlagen. Handbuch für Theorie und Praxis, Universitätsverlag Siegen: Siegen 2015. - Witt, Karl Josef: Grundbau-Taschenbuch. Teil 1-3: Geotechnische Grundlagen, Geotechnische Verfahren, Gründungen und geotechnische Bauwerke, Ernst & Sohn Verlag: Berlin (8. Auflage) 2018. |
| 22a. Sonstiges | ./. |
| Zu Nr. 2: | |
| 18b. Empf. Voraussetzungen | ./. |
| 19b. Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> - Vorstellung aktueller Spezialtiefbauprojekte - Planung, Berechnungen und Ausführungen - Kostensituation bei Spezialtiefbauprojekten |
| 20b. Medienformen | Beamerpräsentation (Kolloquium) |
| 21b. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - Witt, Karl Josef: Grundbau-Taschenbuch. Teil 1-3: Geotechnische Grundlagen, Geotechnische Verfahren, Gründungen und geotechnische Bauwerke, Ernst & Sohn Verlag: Berlin (8. Auflage) 2018. |
| 22b. Sonstiges | ./. |

| Studien-/Prüfungsleistung | | | | | |
|---|--|---|---------------|---------------------|------------------------------------|
| 23. Nr. | 24. Zugeordnete Lehrveranstaltung | 25. P.-Art | 26. LP | 27. Benotung | 28. Anteil an der Modulnote |
| 1 | Erd- und Grundbau III Spezialtiefbau | MP | 6 | benotet | 100 % |
| Zu Nr. 1 & Nr. 2: | | | | | |
| 29a. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | | Klausur (120 Minuten) oder mündliche Prüfung (40 Minuten) | | | |
| 30a. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | | Prof. Meyer | | | |
| 31a. Verbindliche Prüfungsvorleistungen | | Keine | | | |

| | |
|--|---|
| 1a. Modultitel (deutsch) Abfallmanagement und gesetzliche Regelungen | 1b. Modultitel (englisch) Radioactive Waste Management and Legal Requirements |
|--|---|

| | | | | | | |
|--|-------------------|--|--|--|--|--|
| 2. Verwendbarkeit des Moduls in Studiengängen | | | | | | |
| Master Geoenvironmental Engineering | | | | | | |
| 3. Modulverantwortliche(r) Prof. Dr. Röhlig | | 4. Zuständige Fakultät Fakultät für Energie- und Wirtschaftswissenschaften | | | 5. Modulnummer | |
| 6. Sprache deutsch | 7. LP 6 | 8. Dauer [X] 1 Semester [..] 2 Semester | | | 9. Angebot [] jedes Semester [X] jedes Studienjahr [] unregelmäßig | |
| 10. Lern-/Qualifikationsziele des Moduls | | | | | | |
| 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. | | | | | | |

| Lehrveranstaltungen | | | | | | |
|----------------------------|--|-----------------------------|------------|------------|---------|--|
| 11. Nr. | 12. Lehrveranstaltungstitel (deutsch/englisch) | 13. Dozent(in) | 14. LV-Nr. | 15. LV-Art | 16. SWS | 17. Arbeitsaufwand Präsenz-/Eigenstudium |
| 1 | Brennstoff- und Abfallkreisläufe (Nuclear Fuel and Waste Cycles) | Prof. Thomauske | W 4970 | 1V | 1 | 14 h / 16 h |
| 2 | Radioaktive Abfälle und gesetzliche Regelungen (Radioactive Waste and Regulations) | Prof. Röhlig Dr. Richter | S 4954 | 2V | 2 | 28 h / 62 h |

| | | | | | | |
|-----------------------------------|--|---|--------|----|---|--------------|
| 3 | Konditionierung radioaktiver Abfälle, Transport und Zwischenlagerung (Conditioning, Transport and Storage of Radioactive Waste) | Dr. Bertram | S 4953 | 2V | 2 | 28 h / 32 h |
| Summe: | | | | | 5 | 70 h / 110 h |
| Zu Nr. 1: | | | | | | |
| 18a. Empf. Voraussetzungen | | Modul Management radioaktiver Abfälle und Endlagerung im geologischen Untergrund | | | | |
| 19a. Inhalte | | <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 | | | | |
| 20a. Medienformen | | Vorlesung | | | | |
| 21a. Literatur | | <ul style="list-style-type: none"> - Abschlussbericht der Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe, https://dipbt.bundestag.de/doc/btd/18/091/1809100.pdf. - Atomgesetz und Verordnungen einschl. Kommentare. - IAEA: Policies and Strategies for the Decommissioning of Nuclear and Radiological Facilities, https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1525_web.pdf. - Murray, Raymond L.: Nuclear Energy: An Introduction to the Concepts, Systems, and Applications of Nuclear Processes, Elsevier: Amsterdam (7th Edition) 2015. - Petrangeli, Gianni: Nuclear Safety, Butterworth-Heinemann et al.: Oxford (1st Edition) 2006. | | | | |
| 22a. Sonstiges | | ./. | | | | |
| Zu Nr. 2: | | | | | | |
| 18b. Empf. Voraussetzungen | | - Modul Management radioaktiver Abfälle und Endlagerung im geologischen Untergrund | | | | |
| 19b. Inhalte | | <ul style="list-style-type: none"> - Charakterisierung endlagerrelevanter Abfall- bzw. Abfallgebindeigenschaften - Abfallspezifische Eingangsdaten für standortspezifische Sicherheitsanalysen (einschl. Wasserrecht) | | | | |

| | |
|-----------------------------------|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> - 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 |
| 20b. Medienformen | Vorlesung |
| 21b. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - Atomgesetz - Standortauswahlgesetz - Strahlenschutzgesetz - Strahlenschutzverordnung - Atomrechtliche Verfahrensverordnung - IAEA Safety Standards - Bundesberggesetz - Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz |
| 22b. Sonstiges | ./. |
| Zu Nr. 3: | |
| 18b. Empf. Voraussetzungen | Modul Management radioaktiver Abfälle und Endlagerung im geologischen Untergrund |
| 19b. Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> - 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) |
| 20b. Medienformen | Vorlesung |
| 21b. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - Atomgesetz und Verordnungen einschl. Kommentare. - IAEA Transport Regulations. - SSK-Richtlinien zur Zwischenlagerung. - Tagungsberichte der Veranstaltungsreihe KONTEC – Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle, KONTEC GmbH, Hamburg. |

| | |
|-----------------------|-----|
| 22b. Sonstiges | ./. |
|-----------------------|-----|

| Studien-/Prüfungsleistung | | | | | |
|---|---|---|---------------|---------------------|------------------------------------|
| 23. Nr. | 24. Zugeordnete Lehrveranstaltung | 25. P.-Art | 26. LP | 27. Benotung | 28. Anteil an der Modulnote |
| 1 | Brennstoff- und Abfallkreisläufe | MTP | 1 | benotet | 20 % |
| 2 | Radioaktive Abfälle und gesetzliche Regelungen Konditionierung radioaktiver Abfälle, Transport und Zwischenlagerung | MTP | 5 | benotet | 80 % |
| Zu Nr. 1: | | | | | |
| 29a. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | | Mündliche Prüfung (20 Minuten) | | | |
| 30a. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | | Prof. Thomaske | | | |
| 31a. Verbindliche Prüfungsvorleistungen | | Keine | | | |
| Zu Nr. 2: | | | | | |
| 29b. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | | Klausur (120 Minuten) oder mündliche Prüfung (40 Minuten) | | | |
| 30b. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | | Prof. Röhlig | | | |
| 31b. Verbindliche Prüfungsvorleistungen | | Keine | | | |

| | |
|---|---|
| 1a. Modultitel (deutsch) Auslegung, Bau und Betrieb von Endlagern | 1b. Modultitel (englisch) Repository Design, Construction and Operation |
|---|---|

| | | | |
|--|--|--|--|
| 2. Verwendbarkeit des Moduls in Studiengängen Master Geoenvironmental Engineering | | | |
| 3. Modulverantwortliche(r) Prof. Dr. Röhlig | | 4. Zuständige Fakultät Fakultät für Energie- und Wirtschaftswissenschaften | |
| 5. Modulnummer | | 6. Sprache deutsch | |
| 7. LP 4 | | 8. Dauer <input checked="" type="checkbox"/> 1 Semester <input type="checkbox"/> 2 Semester | |
| 9. Angebot <input type="checkbox"/> jedes Semester <input checked="" type="checkbox"/> jedes Studienjahr <input type="checkbox"/> unregelmäßig | | 10. Lern-/Qualifikationsziele des Moduls Die Studenten kennen die Auslegungsprinzipien und Planungsvorgänge für die Endlagerung in tiefen geologischen Formationen. Sie kennen grundlegende Prinzipien und Konzepte des Strahlenschutzes. Sie sind in der Lage, letztere in einfachen Situationen umzusetzen. Die Studenten kennen die wichtigsten Betriebsabläufe in Endlagern (inkl. Rückholung) und können diese im Hinblick auf Sicherheit bzw. Risiken einschätzen. | |

| Lehrveranstaltungen | | | | | | |
|---------------------|---|----------------|------------|------------|---------|--|
| 11. Nr. | 12. Lehrveranstaltungstitel (deutsch/englisch) | 13. Dozent(in) | 14. LV-Nr. | 15. LV-Art | 16. SWS | 17. Arbeitsaufwand Präsenz-/Eigenstudium |
| 1 | Endlagerauslegung, Einlagerungs- und Rückholprozesse (Repository concepts, Waste Emplacement and Retrieval Processes) | Dr. Charlier | W 4988 | 2V | 2 | 14 h / 46 h |
| 2 | Betriebssicherheit und betrieblicher Strahlenschutz (Operational Safety and Radiation Protection) | Dr. Kunze | W 4932 | 1V | 1 | 14 h / 46 h |
| Summe: | | | | | 3 | 28 h / 92 h |
| Zu Nr. 1: | | | | | | |

| | |
|-----------------------------------|---|
| 18a. Empf. Voraussetzungen | - Modul Management radioaktiver Abfälle und Endlagerung im geologischen Untergrund |
| 19a. Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> - Funktion, Anforderungen und Beispiele von Tagesanlagen eines Endlagerbergwerkes - Planungskonzepte für das Grubengebäude und die Wetterführung eines Endlagerbergwerkes - Einlagerungskonzepte und -techniken - Rückholkonzepte und -techniken - Funktion der technischen Barrieren und maßgebliche Anforderungen an die technischen Barrieren - Grundlagen der Auslegung von Grubengebäuden und geotechnischer Barrieren |
| 20a. Medienformen | Vorlesung |
| 21a. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - OECD/NEA: Reversibility and Retrievability (R&R) for the Deep Disposal of High-level Radioactive Waste and Spent Fuel, https://www.oecd-nea.org/rwm/rr/documents/RR-Final-Report_GD.pdf. - Vorläufige Sicherheitsanalyse Gorleben, insbesondere GRS-281, https://www.grs.de/sites/default/files/pdf/GRS-281_neu.pdf. |
| 22a. Sonstiges | ./. |
| Zu Nr. 2: | |
| 18b. Empf. Voraussetzungen | - Modul Management radioaktiver Abfälle und Endlagerung im geologischen Untergrund |
| 19b. Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> - Prinzipien und Konzepte des Strahlenschutzes - Betriebsabläufe im Endlager (über und unter Tage) - Betriebliche Sicherheitsanalyse |
| 20b. Medienformen | Vorlesung |
| 21b. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - Bundesamt für Strahlenschutz: Plan Endlager für radioaktive Abfälle. Kurzfassung: Schachtanlage Konrad, Salzgitter, Bundesamt für Strahlenschutz: Salzgitter 1990. - DIN-Taschenbuch Strahlenschutz in der jeweils aktuellen Fassung. - ICRP und SSK-Empfehlungen. - Krieger, Hanno: Grundlagen der Strahlungsphysik und des Strahlenschutzes, Teubner 2007. - Strahlenschutzgesetz und -verordnung in der jeweils aktuellen Fassung. |

| | |
|-----------------------|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Vogt, Hans-Gerrit/Schultz, Heinrich: Grundzüge des praktischen Strahlenschutzes, Hanser: München u. a. (6. überarb. Auflage) 2011. - Vorläufige Sicherheitsanalyse Gorleben, insbesondere GRS-279, https://www.grs.de/sites/default/files/pdf/GRS-279_neu.pdf und GRS-281, https://www.grs.de/sites/default/files/pdf/GRS-281_neu.pdf. |
| 22b. Sonstiges | ./. |

| Studien-/Prüfungsleistung | | | | | |
|---|---|---|---------------|---------------------|------------------------------------|
| 23. Nr. | 24. Zugeordnete Lehrveranstaltung | 25. P.-Art | 26. LP | 27. Benotung | 28. Anteil an der Modulnote |
| 1 | Endlagerauslegung, Einlagerungs- und Rückholprozesse Betriebssicherheit und betrieblicher Strahlenschutz | MP | 4 | benotet | 100 % |
| Zu Nr. 1: | | | | | |
| 29a. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | | Klausur (120 Minuten) oder mündliche Prüfung (40 min) | | | |
| 30a. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | | Prof. Röhlig | | | |
| 31a. Verbindliche Prüfungsvorleistungen | | Keine | | | |

| | |
|---|--|
| 1a. Modultitel (deutsch) Grundlagen der Langzeitsicherheitsanalyse | 1b. Modultitel (englisch) Fundamentals of Long-Term Safety Assessment |
|---|--|

| | | | |
|--|--|--|--|
| 2. Verwendbarkeit des Moduls in Studiengängen Master Geoenvironmental Engineering | | | |
| 3. Modulverantwortliche(r) Prof. Dr. Röhlig | | 4. Zuständige Fakultät Fakultät für Energie- und Wirtschaftswissenschaften | |
| 5. Modulnummer | | 6. Sprache deutsch | |
| 7. LP 6 | | 8. Dauer <input checked="" type="checkbox"/> 1 Semester <input type="checkbox"/> 2 Semester | |
| 9. Angebot <input type="checkbox"/> jedes Semester <input checked="" type="checkbox"/> jedes Studienjahr <input type="checkbox"/> unregelmäßig | | 10. Lern-/Qualifikationsziele des Moduls <p>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.</p> <p>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.</p> | |

| Lehrveranstaltungen | | | | | | |
|---------------------|---|----------------|------------|------------|---------|--|
| 11. Nr. | 12. Lehrveranstaltungstitel (deutsch/englisch) | 13. Dozent(in) | 14. LV-Nr. | 15. LV-Art | 16. SWS | 17. Arbeitsaufwand Präsenz-/Eigenstudium |
| 1 | Grundlagen der Langzeitsicherheitsanalyse (Fundamentals of Long-Term Safety Assessment) | Prof. Röhlig | S 4912 | 2V | 2 | 28 h / 62 h |

| | | | | | | |
|-----------------------------------|--|-----------|--------|----|---|--------------|
| 2 | Mobilisierung und Migration von Radionukliden im Untergrund (Mobilisation and Subsurface Radionuclide Migration) | Dr. Britz | S 4907 | 2V | 2 | 28 h / 62 h |
| Summe: | | | | | 4 | 56 h / 124 h |
| Zu Nr. 1: | | | | | | |
| 18a. Empf. Voraussetzungen | <ul style="list-style-type: none"> - Modul Naturwissenschaften - Modul Management radioaktiver Abfälle und Endlagerung im geologischen Untergrund | | | | | |
| 19a. Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> - Safety Case und Langzeitsicherheitsanalyse - Systembeschreibungen, Sicherheitsfunktionen und Szenarien - Modellierung und Vertrauensbildung - Indikatoren und Kriterien - Umgang mit Ungewissheiten | | | | | |
| 20a. Medienformen | Vortrag, Vortragsübung | | | | | |
| 21a. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - ANDRA Dossier 2005 / 2016, https://international.andra.fr/documents-and-visual-ressources. - EU-Berichte SPIN (https://cordis.europa.eu/project/id/FIKW-CT-2000-00081/reporting/de) und PAMINA (www.ip-pamina.eu). - OECD-Berichte MeSA (www.oecd-nea.org/rwm/reports/2012/nea6923-MESA-initiative.pdf), Szenarien (www.oecd-nea.org/rwm/docs/2015/rwm-r2015-3.pdf), Indikatoren (www.oecd-nea.org/rwm/docs/2012/rwm-r2012-7.pdf). - SKB-Sicherheitsberichte SR-Can (www.skb.com/publication/1192585/TR-06-09.pdf) und SR-Site (www.skb.com/future-projects/the-spent-fuel-repository/our-applications). - 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, www.oecdnea.org/html/rwm/reports/2008/nea6319-safety.pdf. - Symposium 2013 The Safety Case for Deep Geological Disposal of Radioactive Waste: 2013 State of the Art. www.oecd-nea.org/rwm/docs/2013/rwm-r2013-9.pdf. - 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 . |
| 22a. Sonstiges | ./. |
| Zu Nr. 2: | |
| 18b. Empf. Voraussetzungen | <ul style="list-style-type: none"> - Modul Naturwissenschaften - Modul Management radioaktiver Abfälle und Endlagerung im geologischen Untergrund |
| 19b. Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> - Geochemie anthropogener und natürlicher Radionuklide - Migrationsprozesse - Stabile und radioaktive Isotope als Tracer - U-Th-Zerfallsreihen |
| 20b. Medienformen | Vorlesung |
| 21b. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - Dickin, Alan P.: Radiogenic Isotope Geology, Cambridge University Press: Cambridge et al. (3rd Edition) 2018. - Faure, Gunter: Principles of Isotope Geology, Wiley-VCH: New York, NY et al. (2nd Edition) 1986. (Standard Reference) - Hoefs, Jochen: Stable Isotope Geochemistry, Springer: Cham (8th Edition) 2018. - Lieser, Karl-Heinrich: Nuclear and Radiochemistry: Fundamentals and Applications, Wiley-VCH: Berlin et al. (2nd Rev. Edition) 2001. (Standard Reference) |
| 22b. Sonstiges | ./. |

| Studien-/Prüfungsleistung | | | | | |
|---|--|---|---------------|---------------------|------------------------------------|
| 23. Nr. | 24. Zugeordnete Lehrveranstaltung | 25. P.-Art | 26. LP | 27. Benotung | 28. Anteil an der Modulnote |
| 1 | Grundlagen der Langzeitsicherheitsanalyse Mobilisierung und Migration von Radionukliden im Untergrund | MP | 6 | benotet | 100 % |
| Zu Nr. 1: | | | | | |
| 29a. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | | Klausur (120 Minuten) oder mündliche Prüfung (40 Minuten) | | | |
| 30a. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | | Prof. Röhlig | | | |
| 31a. Verbindliche Prüfungsvorleistungen | | Keine | | | |

| | |
|--|---|
| 1a. Modultitel (deutsch) Mathematische Verfahren in der Langzeitsicherheitsanalyse | 1b. Modultitel (englisch) Mathematical Methods in Long-Term Safety Assessment |
|--|---|

| | | | |
|--|--|--|--|
| 2. Verwendbarkeit des Moduls in Studiengängen Master Geoenvironmental Engineering | | | |
| 3. Modulverantwortliche(r) Prof. Dr. Röhlig | | 4. Zuständige Fakultät Fakultät für Energie- und Wirtschaftswissenschaften | |
| 5. Modulnummer | | 6. Sprache deutsch | |
| 7. LP 8 | | 8. Dauer <input checked="" type="checkbox"/> 1 Semester <input type="checkbox"/> 2 Semester | |
| 9. Angebot <input type="checkbox"/> jedes Semester <input checked="" type="checkbox"/> jedes Studienjahr <input type="checkbox"/> unregelmäßig | | | |
| 10. Lern-/Qualifikationsziele des Moduls 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. Sie kennen die wichtigsten Typen gewöhnlicher und partieller Differentialgleichungen und die gebräuchlichsten Lösungsverfahren. Sie sind mit den Eigenschaften und Problemen numerischer Verfahren zur Lösung von Grundwasserströmungs- und Transportproblemen vertraut und können diesbezügliche Modellrechnungen konzipieren, durchführen und auswerten. Sie kennen die wichtigsten THMC-Vorgänge und Interaktionen, ausgewählte diesbezügliche Modelle und können einfache THMC-Probleme modellieren. | | | |

| Lehrveranstaltungen | | | | | | |
|---------------------|--|----------------|------------|------------|---------|--|
| 11. Nr. | 12. Lehrveranstaltungstitel (deutsch/englisch) | 13. Dozent(in) | 14. LV-Nr. | 15. LV-Art | 16. SWS | 17. Arbeitsaufwand Präsenz-/Eigenstudium |
| 1 | THMC-Modellierung (THMC Modeling) | PD Dr. Rühaak | W 4933 | 1V/Ü | 1 | 14 h / 46 h |
| 2 | Probabilistik in der Langzeitsicherheitsanalyse (Probabilistics in Long-term Safety Assessments) | Prof. Röhlig | W 4927 | 1V+1Ü | 2 | 28 h / 62 h |
| 3 | Differentialgleichungen in der Langzeitsicherheitsanalyse (Differential Equations in Long-term Safety Assessments) | Prof. Röhlig | W 4922 | 1V+1Ü | 2 | 28 h / 62 h |

| | | | | |
|-----------------------------------|--|---------------|---|--------------|
| | | Summe: | 5 | 70 h / 170 h |
| Zu Nr. 1: | | | | |
| 18a. Empf. Voraussetzungen | <ul style="list-style-type: none"> - Ingenieurmathematik oder Mathematik für Naturwissenschaftler - Modul Grundlagen der Langzeitsicherheitsanalyse | | | |
| 19a. Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> - Modellierung von THMC-Prozessen mit dem Ziel der Sicherheitsuntersuchung von Endlagerstandorten - Numerische Modellierung physikalischer Prozesse (im Wesentlichen Strömung, Transport, lineare Elastizität) - gekoppelte Berechnung von THMC-Prozessen | | | |
| 20a. Medienformen | Vorlesung, Computer-Übung | | | |
| 21a. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - Birkholzer, Jens T. et al.: 25 Years of DECOVALEX - Scientific Advances and Lessons Learned from an International Research Collaboration in Coupled Subsurface Processes, in: International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Vol. 122, 2019, 103995, https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2019.03.015. - Diersch, Hans-Jörg: FEFLOW: Finite Element Modeling of Flow, Mass and Heat Transport in Porous and Fractured Media, Springer, Berlin et al. 2014. - Ingebritsen, Steven E./Sanford, Ward E./Neuzil, Christopher E.: Groundwater in Geologic Processes, Cambridge University Press: Cambridge et al. (2nd Edition, 3rd Printing with Corrections) 2008. - Kolditz, Olaf et al. (eds.): Thermo-Hydro-Mechanical-Chemical Processes in Porous Media: Benchmarks and Examples. Springer, Heidelberg 2012. Neuzil, C. E.: Hydromechanical Coupling in Geological Processes, in: Hydrogeology Journal – Official Journal of the International Association of Hydrogeologists, Vol. 11 (1), 2003, pp. 41-83. - Pham, Hung Tien et al.: Fully Hydro-Mechanical Coupled Plug-in (SUB+) in FEFLOW for Analysis of Land Subsidence due to Groundwater Extraction, in: SoftwareX, Vol. 9, January-June 2019, pp. 15-19, https://doi.org/10.1016/j.softx.2018.11.004. | | | |
| 22a. Sonstiges | ./. | | | |
| Zu Nr. 2: | | | | |
| 18a. Empf. Voraussetzungen | <ul style="list-style-type: none"> - Ingenieurmathematik oder Mathematik für Naturwissenschaftler - Modul Grundlagen der Langzeitsicherheitsanalyse | | | |

| | |
|-----------------------------------|---|
| 19a. Inhalte | <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 |
| 20a. Medienformen | Vorlesung, Übung am Rechner |
| 21a. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - Büchter, Andreas/Henn, Hans-Wolfgang: Elementare Stochastik. Eine Einführung in die Mathematik der Daten und des Zufalls, Springer: Berlin u. a. (2. überarb. und erweiter. Auflage) 2007. - EU-Projekt PAMINA, www.ip-pamina.eu. - NEA/IGSC-Workshop on the Management of Uncertainty in Safety Cases: The Role of Risk (Rånäs Slott, Sweden, 2 - 4 February 2004), OECD: Paris 2005, NEA No. 05302. - MATLAB, https://de.mathworks.com. - Mishra, Srikanta: Assigning Probability Distributions to Input Parameters of Performance Assessment Models, SKB Technical Report TR-02-11, www.skb.se/upload/publications/pdf/TR-02-11.pdf. - Saltelli, Andrea et al. (Eds.): Sensitivity Analysis, Wiley: Chichester et al. (Paperback Edition) 2008. - Saltelli, Andrea et al.: Global Sensitivity Analysis: The Primer, Wiley: Chichester et al. 2008. - SIMLAB, https://ec.europa.eu/jrc/en/samo/simlab. - Rutqvist, Jonny: Status of the TOUGH-FLAC Simulator and Recent Applications Related to Coupled Fluid Flow and Crustal Deformations, in: Computers & Geosciences, Volume 37 (6), June 2011, pp. 739–750, http://doi.org/10.1016/j.cageo.2010.08.006. - Wang, Herbert F.: Theory of Linear Poroelasticity with Applications to Geomechanics and Hydrogeology, Princeton University Press: Princeton, NJ et al. 2000. |
| 22a. Sonstiges | ./. |
| Zu Nr. 3: | |
| 18b. Empf. Voraussetzungen | <ul style="list-style-type: none"> - Ingenieurmathematik oder Mathematik für Naturwissenschaftler - Modul Grundlagen der Langzeitsicherheitsanalyse |

| | |
|--------------------------|--|
| 19b. Inhalte | <ul style="list-style-type: none"> - Gewöhnliche Differentialgleichungen: Grundbegriffe, geometrische Deutung, Trennung der Veränderlichen, lineare DGL, Existenz und Eindeutigkeit, Einschrittverfahren, finite Differenzen und finite Elemente für Randwertprobleme - Elliptische Randwertprobleme: Differenzenverfahren, Finite-Elemente-Methoden (FEM), Finite Volumina - Diskretisierung parabolischer Differentialgleichungen - Strömungsmodellierung: Grundgleichung, analytische Lösungen, Differenzenverfahren - Transportmodellierung: analytische Lösungen, Differenzenverfahren, FEM, Random Walk |
| 20b. Medienformen | Vorlesung, Computer-Übung |
| 21b. Literatur | <ul style="list-style-type: none"> - Braess, Dietrich: Finite Elemente. Theorie, schnelle Löser und Anwendungen in der Elastizitätstheorie, Springer Spektrum: Berlin u. a. (5. überarb. Auflage) 2013. - Dahmen, Wolfgang/Reusken, Arnold: Numerik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Springer: Berlin u. a. (2. korr. Auflage) 2008. - Wirsching, Günther J.: Gewöhnliche Differentialgleichungen. Eine Einführung mit Beispielen, Aufgaben und Musterlösungen, Teubner: Wiesbaden (1. Auflage) 2006. |
| 22b. Sonstiges | ./. |

| Studien-/Prüfungsleistung | | | | | |
|---|--|--|---------------|---------------------|------------------------------------|
| 23. Nr. | 24. Zugeordnete Lehrveranstaltung | 25. P.-Art | 26. LP | 27. Benotung | 28. Anteil an der Modulnote |
| 1 | THMC-Modellierung | MTP | 2 | benotet | 25 % |
| 2 | Probabilistik in der Langzeitsicherheitsanalyse Differentialgleichungen in der Langzeitsicherheitsanalyse | MTP | 6 | benotet | 75 % |
| Zu Nr. 1: | | | | | |
| 29a. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | | Klausur (60 Minuten) oder mündliche Prüfung (20 Minuten) | | | |
| 30a. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | | PD Dr. Rühaak | | | |
| 31a. Verbindliche Prüfungsvorleistungen | | Keine | | | |
| Zu Nr. 2: | | | | | |

| | |
|---|---|
| 29b. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | Klausur (120 Minuten) oder mündliche Prüfung (40 Minuten) |
| 30b. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | Prof. Röhlig |
| 31b. Verbindliche Prüfungsvorleistungen | Keine |

| | |
|---------------------------------|--|
| 1a. Modultitel (deutsch) | 1b. Modultitel (englisch) Student Research Project |
|---------------------------------|--|

| | | | |
|--|--------------------|---|--|
| 2. Verwendbarkeit des Moduls in Studiengängen | | | |
| Master Geoenvironmental Engineering | | | |
| 3. Modulverantwortliche(r) Prof. Dr.-Ing. Paffenholz | | 4. Zuständige Fakultät Fakultät für Energie- und Wirtschaftswissenschaften | |
| 5. Modulnummer | | | |
| 6. Sprache deutsch / englisch | 7. LP 12 | 8. Dauer [X] 1 Semester [..] 2 Semester | 9. Angebot [] jedes Semester [X] jedes Studienjahr [] unregelmäßig |
| 10. Lern-/Qualifikationsziele des Moduls | | | |
| The Student Research Project gives the students the possibility to intensify their knowledge of the topics discussed in the lectures as well as to get an insight into current research topics. Besides the technical skills required to do so, the students will have a chance to improve their soft skills, as the project offers them a platform for progress reporting, testing and sharing of ideas and group discussions on the way forward. | | | |

| Lehrveranstaltungen | | | | | | |
|-----------------------------------|---|--|-------------------|-------------------|----------------|---|
| 11. Nr. | 12. Lehrveranstaltungstitel (deutsch/englisch) | 13. Dozent(in) | 14. LV-Nr. | 15. LV-Art | 16. SWS | 17. Arbeitsaufwand Präsenz-/Eigenstudium |
| 1 | Student Research Project | Lecturer involved in the Master program GEE | | SRP | 8 | 360 h |
| Summe: | | | | | 8 | 360 h |
| Zu Nr. 1: | | | | | | |
| 18a. Empf. Voraussetzungen | | Keine | | | | |
| 19a. Inhalte | | The Student Research Project gives the students the possibility to intensify their knowledge of the topics discussed in the lectures as well as to get an insight into current research topics. Besides the technical skills required to do so, the students will have a chance to improve their soft skills, as the project offers them a platform for progress reporting, testing and sharing of ideas and group discussions on the way forward. | | | | |

| | |
|--------------------------|--|
| 20a. Medienformen | Word processor program (e.g., Microsoft Word, LaTeX) with use of equations, reference management and knowledge organization (e.g., Citavi); written thesis, oral presentation and discussion |
| 21a. Literatur | General literature will be given by the supervisor with respect to the topic of the Student Research Project. |
| 22a. Sonstiges | ./. |

| Studien-/Prüfungsleistung | | | | | |
|---|--|-------------------|---------------|---------------------|------------------------------------|
| 23. Nr. | 24. Zugeordnete Lehrveranstaltung | 25. P.-Art | 26. LP | 27. Benotung | 28. Anteil an der Modulnote |
| 1 | Student Research Project | MP | 12 | benotet | 100 % |
| Zu Nr. 1: | | | | | |
| 29a. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | SA The LP are awarded in accordance with § 14 (2) of the Ausführungsbestimmungen. The results of the Student Research Project have to be documented in written and scientific form. The duration of the oral or poster presentation is 20 minutes with additional 15 minutes of a scientific discussion. | | | | |
| 30a. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | Lecturer involved in the Master program GEE | | | | |
| 31a. Verbindliche Prüfungsvorleistungen | No | | | | |

| | |
|---|---|
| 1a. Modultitel (deutsch) Masterarbeit | 1b. Modultitel (englisch) Master Thesis |
|---|---|

| | | | |
|--|--|---|--|
| 2. Verwendbarkeit des Moduls in Studiengängen Master Geoenvironmental Engineering | | | |
| 3. Modulverantwortliche(r) Prof. Dr.-Ing. Paffenholz | | 4. Zuständige Fakultät Fakultät für Energie- und Wirtschaftswissenschaften | |
| 5. Modulnummer | | 6. Sprache Deutsch / englisch | |
| 7. LP 24 | 8. Dauer [X] 1 Semester [..] 2 Semester | | 9. Angebot [] jedes Semester [X] jedes Studienjahr [] unregelmäßig |
| 10. Lern-/Qualifikationsziele des Moduls In der Masterarbeit erwerben die Studierenden die Kompetenz zur Anwendung und Weiterentwicklung wissenschaftlicher Methoden zur weitgehend selbständigen Lösung einer komplexen Aufgabe aus dem Themengebiet des Studiengangs Geoenvironmental Engineering und benachbarter Bereiche innerhalb einer vorgegebenen Frist. Darüber hinaus sind sie in der Lage, ihre Ergebnisse einem Fachpublikum zu präsentieren und in einer fachlichen Diskussion zu vertiefen. | | | |

| Lehrveranstaltungen | | | | | | |
|-----------------------------------|---|---|-------------------|-------------------|----------------|---|
| 11. Nr. | 12. Lehrveranstaltungstitel (deutsch/englisch) | 13. Dozent(in) | 14. LV-Nr. | 15. LV-Art | 16. SWS | 17. Arbeitsaufwand Präsenz-/Eigenstudium |
| 1 | Masterarbeit + Kolloquium (Master Thesis + Colloquium) | Dozenten des Master- programms GEE | | MA | 16 | 720 h |
| Summe: | | | | | 16 | 720 h |
| Zu Nr. 1: | | | | | | |
| 18a. Empf. Voraussetzungen | | Zulassung gemäß § 16 (5) der aktuellen Ausführungsbestimmungen | | | | |
| 19a. Inhalte | | Die Studierenden arbeiten wissenschaftlich an einem Forschungsthema. Sie können sowohl theoretisch als auch praktisch tätig werden. Der Inhalt der gesamten Arbeit ist abschließend als wissenschaftliches Dokument zu verfassen und als Prüfungsleistung abzugeben. Die Masterarbeit ist in einem hochschulöffentlichen Kolloquium zu präsentieren, in dem der Prüfling nachweist, dass er in der Lage ist, problembezogenen Fragestellungen zum Thema der Abschlussarbeit selbständig auf | | | | |

| | |
|--------------------------|---|
| | wissenschaftlicher Grundlage zu bearbeiten und die Arbeitsergebnisse in einem Fachgespräch zu vertiefen. |
| 20a. Medienformen | Textverarbeitungsprogramm (z. B. Microsoft Word, LaTeX) mit Formelsatz, Literaturverwaltung und Wissensorganisation (z. B. Citavi), schriftliche Arbeit, Kolloquium, Diskussion |
| 21a. Literatur | Bekanntgabe durch den betreuenden Dozenten in Abhängigkeit der Aufgabenstellung. |
| 22a. Sonstiges | ./. |

| Studien-/Prüfungsleistung | | | | | |
|---|--|---|---------------|---------------------|------------------------------------|
| 23. Nr. | 24. Zugeordnete Lehrveranstaltung | 25. P.-Art | 26. LP | 27. Benotung | 28. Anteil an der Modulnote |
| 1 | Masterarbeit + Kolloquium | MP | 24 | benotet | 100 % |
| Zu Nr. 1: | | | | | |
| 29a. Prüfungsform / Voraussetzung für die Vergabe von LP | | Ab Die Bewertung der Modulprüfung Masterarbeit setzt sich zu 90 % aus dem schriftlichen Prüfungsteil und zu 10 % aus dem mündlichen Prüfungsteil (Kolloquium) zusammen, vgl. § 16 (6) Ausführungsbestimmungen. | | | |
| 30a. Verantwortliche(r) Prüfer(in) | | Dozenten des Masterprogramms GEE | | | |
| 31a. Verbindliche Prüfungsvorleistungen | | Keine | | | |