



Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Modulhandbuch

B.Sc. Geowissenschaften

(Prüfungsordnung 2012)



Freiburg, den 29.02.2016

Ältere Versionen des Modulhandbuchs sind im Archiv zu finden

Inhaltsverzeichnis

1. Modulhandbuch B.Sc. Geowissenschaften	4
1.1 Geowissenschaften heute	4
1.2 Der Arbeitsmarkt für Geowissenschaftler/innen	4
1.3 Voraussetzungen für das Studium	6
1.4 Albert-Ludwigs-Universität Freiburg – Exzellente Forschung und Lehre in angenehmem Ambiente.....	7
1.5 Wie ist der Bachelor-Studiengang Geowissenschaften in Freiburg aufgebaut?	8
1.6 Studieninhalte Bachelor of Science Geowissenschaften.....	10
1.6.1 Bereich Geowissenschaften/ Pflichtmodule: Tabelle 1	10
1.6.2 Bereich Geowissenschaften/ Wahlpflichtmodule: Tabelle 2	12
1.6.3 Bereich Naturwissenschaftliche Grundlagen: Tabelle 3.....	12
1.6.4 Bereich Berufsfeldorientierte Kompetenzen (BOK-Module): Tabelle 4	13
2. Pflichtmodule (P)	16
2.1 Kristalle – Minerale - Gesteine I	16
2.2 Prozesse der Erde: Endogene Geologie.....	17
2.3 Kristalle – Minerale - Gesteine II	18
2.4 Prozesse der Erde: Exogene Geologie	19
2.5 Karten - Gelände - Labor	20
2.6 Exkursionen und Kartierkurs I	21
2.7 Sedimentäre Geologie und Paläontologie.....	22
2.8 Mineralogie und Geochemie.....	23
2.9 Energie und Georessourcen	27
2.10 Strukturgeologie und Tektonik.....	31
2.11 Exkursionen und Kartierkurs II	33

2.12 Geophysikalische und geochemische Methoden	37
2.13 Exkursionen	40
2.14 Mathematik I für Studierende der Naturwissenschaften.....	42
2.15 Allgemeine und Anorganische Chemie	43
2.16 Einführung in die Physik mit Experimenten	44
2.17 Praktikum Allgemeine und Anorganische Chemie	45
2.18 Physikalisches Praktikum.....	46
2.19 Wahlpflichtmodul Natur- und Umweltwissenschaften	47
3. Wahlpflichtmodule (WP).....	53
3.1 Kristallingeologie	53
3.2 Oberflächennahe Prozesse.....	57
3.3 Wasser	61
3.4 Raum und Zeit	65
3.5 Umwelt.....	68
3.6 Materialwissenschaften	71
4. Berufsfeldorientierte Kompetenzen (BOK)	75
4.1 Berufsfeldorientierte Kompetenzen I.....	75
4.2 Berufsfeldorientierte Kompetenzen II.....	76
4.3 Externe Berufsfeldorientierte Kompetenzen	78

1. Modulhandbuch B.Sc. Geowissenschaften

Dieses Modulhandbuch dient den Studierenden als Leitfaden für das Studium im Bachelorstudiengang Geowissenschaften. Der Bachelor of Science (B.Sc.) ist ein berufsqualifizierender, international anerkannter Abschluss, welcher innerhalb von sechs Semestern erworben werden kann. Der Studiengang wurde 2012 akkreditiert. Mit diesem Studiengang bietet sich die Möglichkeit eines bundes- und weltweiten Hochschulwechsels oder Austausch. Das vorliegende Modulhandbuch enthält allgemeine Informationen über die Albert-Ludwigs-Universität Freiburg als Studienort sowie Geowissenschaften als Studienfach. Es gibt einen Überblick über Struktur und Ablauf des Bachelorstudiengangs und liefert alle notwendigen Details über Module und Lehrveranstaltungen.

1.1 Geowissenschaften heute

Die Geowissenschaften beschäftigen sich mit der Entwicklung der Erde und den dynamischen Prozessen, die im Innern und an seiner Oberfläche ablaufen. Heute werden zusätzlich die geologischen Prozesse, die auf anderen planetaren Körper des Sonnensystems stattfinden, mit in das Fachspektrum einbezogen (planetare Geologie). Die Geowissenschaftler/innen untersuchen die Bausteine der Erde (Kristalle, Minerale und Gesteine) in ihrem Aufbau und ihrer chemischen Zusammensetzung. Sie schließen hieraus einerseits auf die Bildungsbedingungen und machen sich andererseits diese Bausteine als Rohstoffe und Energieträger zu Nutze. Geowissenschaftler/innen untersuchen den Ist-Zustand der Erde, der ein Abbild der erdgeschichtlichen Vergangenheit ist. Aus den Abläufen in der Vergangenheit lassen sich Voraussagen über die nahe und ferne Zukunft der Erde ableiten und Konzepte einer nachhaltigen Nutzung des Planeten Erde entwickeln. Die Geowissenschaften gliedern sich in verschiedene Teildisziplinen, deren Grundlagen im Bachelorstudiengang vermittelt werden: Geologie, Sedimentgeologie, Geophysik, Planetologie, Paläontologie, Mineralogie, Petrologie und Geochemie, Kristallographie und Materialwissenschaften.

Die neuen Bachelor- und Masterstudiengänge lösen die früheren Fachgrenzen in den Geowissenschaften auf. Dies spiegelt die Entwicklung der Geowissenschaften zu einer interdisziplinären Zukunftswissenschaft wider.

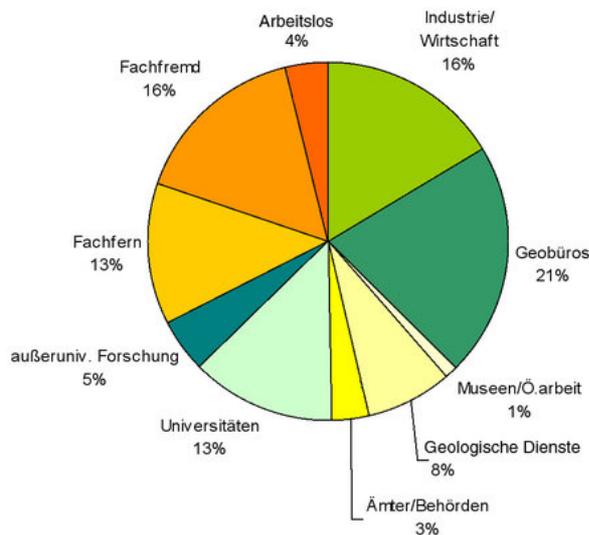
1.2 Der Arbeitsmarkt für Geowissenschaftler/innen

Die Geowissenschaften leisten wesentliche und gesellschaftlich überaus relevante Beiträge bei der Sicherung von Energie- und Rohstoffquellen, der Versorgung mit Grundwasser, der Sanierung und Deponierung von Altlasten, dem Tief- und Felsbau, in der Vorhersage und dem Monitoring von Naturkatastrophen, um nur einige Aspekte aus der breiten Skala der Auswirkungen der Lithosphären auf Natur und Mensch zu nennen. Für alle

genannten Bereiche ist ein grundlegendes Verständnis der Erde und ihrer Prozesse Voraussetzung. Damit der geowissenschaftliche Nachwuchs optimal auf den Beruf vorbereitet ist, braucht er eine breite und solide Grundausbildung. Diese wird durch den Bachelorstudiengang Geowissenschaften vermittelt. Der Arbeitsmarkt bietet Geowissenschaftler/innen Beschäftigung in folgenden Bereichen (siehe auch Abb. 1):

- Universitäten und Forschungsinstitute
- Behörden (z.B. Geologische Landesämter, Umweltämter)
- Denkmalpflege, Museen
- Rohstoffindustrie (z.B. Steine- und Erden, Zement, Erze)
- Energie-Wirtschaft (z.B. Geothermie, Erdöl, Erdgas, Kohle)
- Tief- und Felsbau
- Ingenieurbüros (z.B. Baugrunderkundung, Altlastensanierung)
- Werkstoffindustrie (z.B. Keramik, Glas, Halbleiter)

Die Mehrzahl der Absolventen/innen des B.Sc. Studiengangs Geowissenschaften vertiefen ihre Ausbildung in einem aufbauenden Masterstudiengang. An der Universität Freiburg werden zwei konsekutive englischsprachige Masterstudiengänge angeboten: Der Masterstudiengang *Geology* mit den Schwerpunkten *General Geology* oder *Geochemistry* sowie die Profillinie *Crystalline Materials* im interdisziplinären und interfakultären Masterstudiengang *Sustainable Materials*. Ab WS 2016/17 wird im Masterstudiengang *Geology* voraussichtlich eine Vertiefung in den Bereichen *Geomaterials and Processes*, *Geomechanics and Dynamics* oder *Geohazards* möglich sein.



Außerdem besteht die Möglichkeit, auf Grundlage der erworbenen Fähigkeiten, ein Masterstudium in verschiedenen anderen naturwissenschaftlichen Disziplinen anzuschließen.

Abbildung 1: Beschäftigung von Geowissenschaftler/innen in Deutschland (Quelle: Berufsverband Deutscher Geowissenschaftler (BDG) e.V., 2007).

Nach Auskunft der Deutschen Geokommission (http://www.sk-zag.de/12.5_Der_geowissenschaftliche_Nachwuchs.html) hat sich der Arbeitsmarkt in den Geowissenschaften im letzten Jahrzehnt deutlich verbessert. Geowissenschaftler/innen sind aufgrund der Breite der Ausbildung vielseitig aufgestellt, ihr Arbeitsmarkt ist global. Insbesondere im Ressourcensektor sind neue Chancen entstanden, wobei klimaverträgliche

Wege zur Energieproduktion weiter an Bedeutung gewinnen werden. Hier eröffnen sich vielfältige Arbeitsmöglichkeiten für Geowissenschaftler/innen, von der Standortbeurteilung für Windkraftanlagen bis zur Erforschung möglicher CO₂-Speicher. Im Sektor Forschung befinden sich die Geowissenschaften ebenfalls in einer Phase der Neuausrichtung, in der nun quantitative Untersuchungsmethoden im Vordergrund stehen. In den Erdwissenschaften hat sich ein Paradigmenwechsel vollzogen: die isolierte Betrachtung des Systems Erde hat einer planetaren Sichtweise Platz gemacht, in der die Erde als Produkt ihrer Randbedingungen und Wechselwirkungen sowohl auf globaler Ebene als auch auf Nanoskala verstanden wird. Satelliten-gestützte Geoforschung und planetare Geologie, die durch die rasant wachsende Anzahl an Raumfahrtmissionen möglich geworden sind, liefern derzeit wichtige neue Impulse in den Geowissenschaften, ebenso wie die Entwicklung neuer experimentell-analytischer Methoden, welche die Erforschung von Geomaterialien und ihre, für ein nachhaltiges Lebensraummanagement bedeutenden Interaktion mit antropogenen Medien, möglich machen. Die konsequente Umsetzung einige dieser Ansätze auch in der Lehre stellen neben der frühzeitigen Schulung prozessorientierten Denkens sowie der intensiven Geländeausbildung Alleinstellungsmerkmale der Freiburger Geowissenschaften dar.

Um die Geowissenschaften für Studierende noch attraktiver zu machen, sind die Geowissenschaften an der Universität Freiburg bestrebt, eine starke Vernetzung mit außeruniversitären Arbeitgebern/innen zu erreichen. Aspekte der angewandten Forschung und Lehre werden z.B. durch eine enge Kooperation mit dem Freiburger Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik (EMI) erreicht. Enge Kontakte bestehen auch zu Behörden wie dem Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg sowie zu Industriepartnern/innen (Züchtung von Kristallen für die Halbleiterindustrie).

Neben den klassischen Tätigkeitsfeldern von Geowissenschaftler/innen werden die Studierenden durch die Ausbildung gezielt an Zukunftstechnologien und interdisziplinäre Kompetenzen herangeführt. Hierzu zählt zunächst eine breite mathematisch-naturwissenschaftliche Grundausbildung, die eine Voraussetzung für moderne quantitative Geowissenschaften darstellt. Nutzung von Geoinformationssystemen (GIS), Fernerkundung, instrumentelle mineralogische, geochemische und strukturelle Mikroanalytik sowie mathematische Modellierung geologischer Prozesse sind konkrete und attraktive Studieninhalte, die dem geänderten Profil des/der modernen Geowissenschaftlers/in gerecht werden. Die hierfür notwendige technische Infrastruktur steht im Institut zur Verfügung.

1.3 Voraussetzungen für das Studium

Das Angebot des B.Sc. Studiengangs Geowissenschaften erfordert eine Hochschul-Zugangsberechtigung und richtet sich daher an Abiturienten/innen, die sich für Natur- und Geowissenschaften interessieren. Ein Onlinetest für Studieninteressierte steht unter: <http://www.osa.uni-freiburg.de/geowissenschaften/> zur Verfügung.

Für ausländische Bewerber/innen ist ein anerkannter, gleichwertiger Abschluss erforderlich. Der Studiengang B.Sc. Geowissenschaften war zum WS 2015/16 nicht zulassungsbeschränkt.

Für das Studium sind solide Kenntnisse in Mathematik, Physik und Chemie notwendig. Da der Erwerb grundlegender Kenntnisse in den Geowissenschaften in den Lehrplänen der Sekundarstufe II leider nicht vorgesehen ist, werden diese auch nicht für das Studium vorausgesetzt. Sie werden durch die entsprechenden Angebote in den ersten beiden Semestern erreicht. Studierende der Geowissenschaften sollten außer der Freude an der Natur und einer guten Beobachtungsgabe auch Interesse und Verständnis für andere naturwissenschaftliche Fachgebiete mitbringen.

1.4 Albert-Ludwigs-Universität Freiburg – Exzellente Forschung und Lehre in angenehmem Ambiente

Freiburg im Breisgau ist mit rund 220.000 Einwohnern die viertgrößte Stadt in Baden-Württemberg und südlichste Großstadt Deutschlands. Die Stadt gilt als Tor zum Schwarzwald und ist für ihr sonniges, warmes Klima und den guten Wein der nahen Kaiserstuhl-Region bekannt. Freiburg genießt aufgrund seiner bevorzugten Lage, dem Stadtbild, und seinem Status als „*green city*“ einen bundesweit exzellenten Ruf. Konzerthaus, Theater und die zahlreichen Festivals sind Garanten für ein jährlich sehr umfangreiches und diverses Kulturprogramm. Die Universität mit ihren 25.000 Studierenden prägt nachhaltig das Leben der Stadt. So finden sich rund um die Universität viele gut besuchte Cafés und Kneipen. Das Institut für Geowissenschaften befindet sich zentrumsnah auf dem nördlich der Innenstadt gelegenen naturwissenschaftlichen Campus. Die Universität ist nicht nur wegen der vielen Studierenden für die Stadt von Bedeutung, sie ist mit ihren circa 13.000 Arbeitsplätzen einer der wichtigsten Arbeitgeber in Südbaden. Neben dem Freizeitwert von Stadt und Umgebung sowie der Nähe zum Elsass und der Schweiz ist es vor allem die wissenschaftliche Vielfalt, die viele Studierende an die Freiburger Alma Mater zieht. Die Universität ist nicht die einzige Forschungseinrichtung in Freiburg. Angewandte Forschung wird beispielsweise in fünf Instituten der Fraunhofer Gesellschaft in Freiburg betrieben. Neben der Universität bieten die Staatliche Hochschule für Musik, die Pädagogische Hochschule und eine katholische sowie eine evangelische Hochschule ihre Dienste in Forschung und Lehre an.

Die Albert-Ludwigs-Universität Freiburg wurde 1457 gegründet und ist eine der traditionsreichsten Spitzenuniversitäten in Deutschland. Als eine der wenigen echten Volluniversitäten in Europa verfügt die Universität Freiburg über ein bundesweit einzigartiges Fächerspektrum. Dieses umfasst sowohl die klassischen Fächer aus den Bereichen Medizin, Geistes-, Sozial- und Naturwissenschaften als auch neu etablierte Fächer aus den Bereichen Technik und Umweltwissenschaften. Diese Ausrichtung der Universität Freiburg spiegelt sich nicht allein in dem umfassenden Studienangebot der elf Fakultäten wider, sondern kommt in der das Leitbild der Universität maßgebend prägenden Idee einer „Neuen Universitas“ zum Ausdruck, nach der die interdisziplinäre Zusammenarbeit der

unterschiedlichen Wissenschaftsdisziplinen im Bereich Forschung und Lehre durch innovative Konzepte und Strukturen verfolgt wird. Dies wird u.a. dokumentiert durch interdisziplinär angelegte Studiengänge, die 18 etablierten wissenschaftlichen Zentren und das *Freiburg Institute for Advanced Studies* (FRIAS), welches Forschungskollegs der Geistes-, Natur- und Ingenieurwissenschaften unter einem Dach vereint.

Das Renommee der Universität Freiburg in Forschung und Lehre ist seit Jahren durch die erzielten Erfolge belegt. Für ihre hervorragenden Leistungen in Forschung und Lehre werden ihre Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen ausgezeichnet, in nationalen und internationalen Wettbewerben und Rankings belegt die Universität Freiburg regelmäßig Spitzenpositionen. So gehörte die Universität Freiburg von 2007 bis 2012 zu den bundesweit nur neun Universitäten, die in der Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder zur Förderung der Spitzenforschung in Deutschland in allen Förderlinien (Exzellenzcluster, Graduiertenschulen, Zukunftskonzept) ausgezeichnet wurde und erreichte damit die höchste Förderstufe. In dem vom Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft und der Kultusministerkonferenz ausgeschriebenen Wettbewerb „*Exzellente Lehre*“ war die Universität Freiburg mit dem Wettbewerbsbeitrag „*Freiräume für das Studium – Windows for Higher Education*“ als eine von bundesweit sechs Hochschulen erfolgreich. Das ausgezeichnete Lehrentwicklungskonzept zielt insbesondere darauf ab, zum einen Freiräume für die Studierenden in ihrer eigenen individuellen Studiengestaltung zu schaffen, zum anderen die (Weiter-)Entwicklung von Konzepten im Bereich Lehre durch die Lehrenden mittels gezielter Maßnahmen und zentral angebotener Systeme zum disziplinübergreifenden Informations- und Wissensaustausch zu fördern. Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen der verschiedenen Fakultäten wurden mit renommierten Preisen in Forschung (z.B. Leibnizpreis, Nobelpreis) und Lehre (z.B. Landeslehrpreis des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg) ausgezeichnet. 2012 wurde der Universitätslehrpreis sowie der Landeslehrpreis Baden-Württemberg an Prof. Dr. Thomas Kenkmann vom Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften für das Projekt „*Screening Earth – A Student (Re)search Project*“ des Masterstudiengangs Geology verliehen. Dieses Projekt ist Ausdruck der innovativen Lehrkonzepte, die am Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften in die Praxis umgesetzt werden. In Rankings wie dem seit 1998 jährlich veröffentlichten Hochschulranking des Zentrums für Hochschulentwicklung (CHE) belegt die Universität Freiburg in verschiedensten wissenschaftlichen Fächern konstant Spitzen- und vordere Plätze in der Lehre. Die Studienerfolgsquoten der Universität Freiburg sind bundesweit überdurchschnittlich, die Studienabbruchquoten unterdurchschnittlich.

1.5 Wie ist der Bachelor-Studiengang Geowissenschaften in Freiburg aufgebaut?

Die Lehrveranstaltungen im B.Sc. Studiengang Geowissenschaften werden in der Regel in deutscher Sprache abgehalten. Die von den Studierenden zu erbringenden Leistungen werden ebenfalls in der Regel in deutscher Sprache erbracht. Jedes Modul des B.Sc. Studiengangs Geowissenschaften bildet eine abgeschlossene Lehreinheit mit definierten

Zielen, Inhalten und Prüfungen. Die Module haben einen Umfang, der mit 5-10 ECTS Punkten angerechnet wird. Die Modulnote ergibt sich aus einer Modulabschlussprüfung, welche die einzelnen Disziplinen eines Moduls inhaltlich verknüpft und damit zu einer Vernetzung der einzelnen Lehrveranstaltungen eines Moduls führt. Die Modulabschlussprüfung (Prüfungsleistung) besteht meistens aus einer Klausur oder mündlichen Prüfung, in geländeorientierten Lehrveranstaltungen und Praktika oft aus einem benoteten Protokoll, Bericht oder einer Hausarbeit. Innerhalb der Module können zudem Studienleistungen verlangt werden, die unbenotet sind.

„ECTS“ steht für „*European Credit Transfer and Accumulation System*“ und ist ein einheitliches europäisches Bewertungssystem von Studienleistungen, das den erbrachten Arbeitsaufwand (30 Stunden pro Punkt) in Form von Punkten (*Credits*) anrechnet. Mit der Vergabe der *Credits* wird ausgedrückt, dass alle Mindestanforderungen erfüllt wurden und der Besuch von Lehrveranstaltungen anerkannt wird. Es ist ein Punktesystem, welches allen festen Bestandteilen des Studienganges (Pflicht- und Wahlfächer, Tutorien, Seminare und Praktika) eine bestimmte Anzahl von Credits zuordnet. Einem dreijährigen *Bachelor of Science* Studium entsprechen grundsätzlich 180 ECTS-Punkte.

Innerhalb der Module wird eine Kombination unterschiedlicher Lehr- und Lernformen eingesetzt, beispielsweise Kleingruppenarbeit, wissenschaftliche Diskussionen, praktische Laborversuche, theoretische Übungsaufgaben als Hausaufgaben, etc. Das Studium ist dabei gekennzeichnet durch eine ausgewogene Kombination aus theoretischen Grundlagen, Laborkursen, Praktika und Geländearbeit. In den einführenden Vorlesungen sollen ein Überblick über das Stoffgebiet gewonnen und grundlegende Zusammenhänge erkannt werden. Die Inhalte der Vorlesungen werden in der Regel in Übungen vertieft. In den Praktika werden Methodenkenntnisse und berufsspezifische Fertigkeiten erworben. Hierzu stehen in den verschiedenen Institutsteilen diverse Laboratorien und Computer-Arbeitsplätze zur Verfügung. Hierzu zählen z. B. Präparationslabore, mikroskopische und geochemische Labore, ein Techniklabor mit Prüfpresse, ein tektonisches Analoglabor, sowie Labore für optische Lumineszenz, Röntgendiffraktometrie, Röntgenfluoreszenz, Elektronenmikroanalyse, Rasterelektronenmikroskopie, Atomabsorptionsspektroskopie, etc. Geowissenschaftliche Seminare im Rahmen des Moduls *berufsfeldorientierte Kompetenzen (BOK I & II)* stellen eine weitere wichtige Säule des Lernens dar. Neben dem eigenverantwortlichen Wissenserwerb macht der/ die Studierende hier Erfahrungen in der wissenschaftlichen Präsentation unter Nutzung unterschiedlicher Medien und übt im Kreise der Mit-Studierenden und Dozierenden den wissenschaftlichen Diskurs. Eine für die Geowissenschaften zentrale Säule des praxisorientierten Lernens stellen Geländepraktika, Kartierübungen und Exkursionen dar. Die Studien- und Prüfungsnachweise werden in Form von benoteten und unbenoteten Protokollen, Klausuren oder Berichten erbracht.

Das Bachelorstudium Geowissenschaften vermittelt in sechs Semestern die Grundzüge der geologischen Wissenschaften in Theorie und Praxis. Ein fundiertes Verständnis der Geologie und der Geo-Materialien erfordert ein sicheres Basiswissen in den Grundlagenfächern Mathematik, Physik und Chemie (*Bereich Naturwissenschaftliche*

Grundlagen), das während des ersten Studienabschnitts in Vorlesungen und Praktika vermittelt wird, und das im Wahlpflichtmodul Natur- und Umweltwissenschaften im weiteren Verlauf vertieft wird. Insbesondere in den ersten beiden Semestern wird der Großteil der Leistungen in diesen Fächern erbracht. Die Grundlagen der Geologie werden weitgehend in den ersten vier Semestern erarbeitet (*Bereich Geowissenschaften*). Neben den Bausteinen der Erde (*Kristalle, Minerale, Gesteine I und II*) fokussiert der Unterricht auf die Prozesse, welche das System Erde charakterisieren (*Endogene und Exogene Geologie*). Grundlegende praktische geowissenschaftliche Übungen im Modul *Karte – Gelände – Labor* begleiten den Einstieg in das Studium. Im 3. und 4. Semester werden verschiedene Disziplinen der Geowissenschaften, die von Sedimentärer Geologie, Paläontologie, Strukturgeologie, Mineralogie bis zu Geochemie sowie Energie und Georessourcen reichen, eingehend erarbeitet. Komplementär hierzu sind die Pflichtmodule *Exkursionen und Kartierkurs I und II*, in denen Praxisbezug und Methodik im Vordergrund stehen. Im Bereich der *Berufsfeldorientierten Kompetenzen (BOK-Module)* kann neben den institutsinternen Kursen aus einem Kanon von mehr als 200 universitätsweiten Veranstaltungen des Zentrums für Schlüsselqualifikationen (ZfS) ausgewählt werden. Das Angebot reicht von Sprachkursen, über EDV-Methoden und Kursen zur Präsentationstechnik bis hin zum praktischen Training zur Anwendung von Geoinformationssystemen in den Geowissenschaften. Der Kompetenzerwerb in diesen Seminaren ist für ein erfolgreiches Berufsleben von höchster Bedeutung. Im 5. und 6. Semester erlauben die Wahl von vier Wahlpflichtfächern und die Bachelorarbeit eine Spezialisierung und gegebenenfalls eine Fokussierung auf ein konsekutives Masterstudium (*Bereich Geowissenschaften/ Wahlpflichtmodule*).

Die Bachelorarbeit umfasst die Bearbeitung eines wissenschaftlichen Themas unter Anleitung, sowie die Darstellung der Ergebnisse und Interpretation im Rahmen des wissenschaftlichen Umfeldes. Mit der Bachelorarbeit sollen die Studierenden zeigen, dass sie in der Lage sind, sich innerhalb der vorgegebenen Frist von acht Wochen in eine aktuelle geowissenschaftliche Problemstellung einzuarbeiten, die erlernten Methoden und Konzepte sicher anzuwenden und die Ergebnisse in verständlicher Form darzustellen. Die Bachelorarbeit wird mit 11 ECTS-Punkten honoriert.

Eine Aufstellung der Module und der Modulverantwortlichen inklusive der zu erwerbenden ECTS-Punkte, der Art der Veranstaltung und das empfohlene Semester sind in den Tabellen 1-4 aufgeführt. Die Struktur des Studiengangs finden Sie zusammengefasst im Studienverlaufsplan in Abbildung 2.

1.6 Studieninhalte Bachelor of Science Geowissenschaften

1.6.1 Bereich Geowissenschaften/ Pflichtmodule: Tabelle 1

Anmerkung: Ab dem WS 2015/16 gilt die PO 2015, so dass die Gestaltung der Semester 1 und 2 bereits im Modulhandbuch 2015 beschrieben ist. Sofern Studierende aus PO 2012

noch Module der ersten Semester absolvieren müssen, bitte an die Studiengangskordinatorin Frau Wibke Kowalski wenden (wibke.kowalski@minpet.uni-freiburg).

Modul (Modulkoordinator/in)	ECTS	Art*	Semester
Kristalle – Minerale – Gesteine I (Dolejs)			
Kristalle - Minerale - Gesteine I	5	V+Ü	1
Prozesse der Erde: Endogene Geologie (Kenkmann)			
Endogene Geologie	5	V+Ü	1
Kristalle – Minerale – Gesteine II (Dolejs)			
Kristalle - Minerale - Gesteine II	5	V+Ü	2
Prozesse der Erde: Exogene Geologie (Preusser)			
Exogene Geologie	5	V+Ü	2
Karten – Gelände – Labor (Ulmer)			
Interpretation Geologischer Karten I	3	Ü	1
Interpretation Geologischer Karten II	3	Ü	2
Geologische Gelände- und Laborübung	4	Ü	2
Exkursionen und Kartierkurs I (Ulmer)			
Exkursionen/ Industrieexkursionen I	5	Ex	1+2
Kartierkurs I	4	Ü	2
Sedimentäre Geologie und Paläontologie (Preusser)			
Paläontologie	4	V+Ü	3
Sedimentologie	2	V+Ü	3
Historische Geologie	1	V	3
Mineralogie und Geochemie (Müller-Sigmund)			
Geochemie	3	V+Ü	3
Physik und Chemie der Minerale	3	V+Ü	3
Polarisationsmikroskopie	4	V+Ü	4
Energie und Georessourcen (Hergarten)			
Fossile Energierohstoffe	2	V	3
Steine und Erden	1	B	3
Erzlagerstätten	1	B	4
Technische Mineralogie	2	V+Ex	4
Strukturgeologie und Tektonik (Kenkmann)			
Strukturgeologie und Tektonik	5	V+Ü	4
Exkursionen und Kartierkurs II (Ulmer)			
Exkursionen / Industrieexkursionen II	5	Ex	3+4
Kartierkurs II	4	Ü	4
Geophysikalische und geochemische Methoden (Hergarten)			
Quantitative Methoden in der Geologie	2	V+Ü	5
Geochemische Methoden	3	V+Ü	6
Petrophysikalische Methoden	2	V+Ü	6

Exkursionen (Ulmer)			
Exkursionen / Industrieexkursionen III	6	Ex	5+6
* V = Vorlesung, Ü = Übung, S = Seminar, P = Praktikum, Ex = Exkursion, B = Block			

1.6.2 Bereich Geowissenschaften/ Wahlpflichtmodule: Tabelle 2

Modul (Modulkoordinator/in)	ECTS	Art*	Semester
Kristallingeologie (Müller-Sigmund)			
Petrogenese in Kruste und Mantel	3	V+Ü	5
Orogene Prozesse	2	V+Ü	6
Realstruktur der Kristalle	1	V+Ü	6
Oberflächennahe Prozesse (Preusser)			
Einführung in die Quartärforschung	2	V+Ü	5
Geologische Risiken	2	V+Ü	5
Quantitative Geomorphologie	2	V+Ü	6
Wasser (Martinez)			
Hydrogeologie	2	V+Ü	5
Hydrogeologische Übung	2	P	6
Geochemie natürlicher Wässer	2	V+Ü	6
Raum und Zeit (Preusser)			
Regionale Geologie	2	V	5
Stratigraphie und Geochronologie	2	V+Ü	6
Fossilien in der Erdgeschichte	2	V+Ü	6
Umwelt (Siebel)			
Umweltgeologie	3	V+Ü	5
Ressourcenmanagement und Erneuerbare Energien	1	V+Ü	6
Stoffkreisläufe	2	V+Ü	6
Materialwissenschaften (Danilewsky)			
Kristallographisches Praktikum	3	P	5
Kristallzüchtung	1	V+Ü	5
Röntgenographische Untersuchungsmethoden	2	V+Ü	6
* V = Vorlesung, Ü = Übung, S = Seminar, P = Praktikum, Ex = Exkursion, B = Block			

1.6.3 Bereich Naturwissenschaftliche Grundlagen: Tabelle 3

Modul (Modulkoordinator/in)	ECTS	Art*	Semester
Mathematik I für Studierende der Naturwissenschaften (Dozent/in der Mathematik)			

Mathematik I für Studierende der Naturwissenschaften	6	V+Ü	1
Allgemeine und anorganische Chemie (Dozent/in der Chemie)			
Allgemeine und Anorganische Chemie	6	V	1
Einführung in die Physik mit Experimenten (Dozent/in der Physik)			
Einführung in die Physik mit Experimenten	6	V+Ü	1
Praktikum allgemeine und Anorganische Chemie (Dozent/in der Chemie)			
Praktikum Allgemeine und Anorganische Chemie	6	P	ab 2
Physikalisches Praktikum (Dozent/in der Physik)			
Physikalisches Praktikum	6	P	2 oder 3
Wahlpflichtmodul Natur- und Umweltwissenschaften (verschiedene Dozierende)			
Wahlpflichtmodul Natur- und Umweltwissenschaften	6	variabel	3 - 5
* V = Vorlesung, Ü = Übung, S = Seminar, P = Praktikum, Ex = Exkursion, B = Block			

1.6.4 Bereich Berufsfeldorientierte Kompetenzen (BOK-Module): Tabelle 4

Modul (Modulkoordinator/in)	ECTS	Art*	Semester
Berufsfeldorientierte Kompetenzen I (Ulmer)			
Geowissenschaftliches Seminar I	3	S	3
EDV-Methoden in den Geowissenschaften	3	Ü	3
Berufsfeldorientierte Kompetenzen II (Müller-Sigmund)			
Geowissenschaftliches Seminar II	3	S	5
GIS-Anwendungen in den Geowissenschaften	3	Ü	6
Externe Berufsfeldorientierte Kompetenzen (ZfS/verschiedene Dozierende)			
BOK-Lehrveranstaltungen aus dem Angebot des Zentrums für Schlüsselqualifikationen (ZfS)	8	variabel	3-6
* V = Vorlesung, Ü = Übung, S = Seminar, P = Praktikum, Ex = Exkursion, B = Block			

Tabelle 1.6.1-4: Aufstellung der Module und der Modulkoordinatoren/innen inklusive der zu erwerbenden ECTS-Punkte, der Art der Veranstaltung und des empfohlenen Semesters.

Für inhaltliche Fragen zum Studium steht die Studienberatung mit Rat und Tat zur Seite. Die Sprechstunden werden kurzfristig vereinbart:

- **Geologie:**

Frau Dr. Heike Ulmer: 0761/203-6480; ulmer@uni-freiburg.de; Albertstraße 23-B, 1. Obergeschoss, Raum 02 014

- **Mineralogie und Geochemie:**

Herr Prof. Dr. David Dolejs: 0761/203-6431; david.dolejs@minpet.uni-freiburg.de; Albertstraße 23-B, Erdgeschoss, Raum 01 016

- **Kristallographie:**

Herr Dr. Andreas Danilewsky, 0761/203-6450; a.danilewsky@krist.uni-freiburg.de; Hermann-Herder-Straße 5, Raum 02 015

Für organisatorische Fragen zum Studienablauf steht die Studiengangskoordination im Studienbüro zu den aushängenden Sprechstunden und bei Bedarf auch nach Vereinbarung zur Verfügung:

- **Studiengangskoordination Geowissenschaften:**

Frau Wibke Kowalski, Tel.: 0761/203-6398; wibke.kowalski@minpet.uni-freiburg.de; Albertstraße 23-B, Raum 01 020

Im Studienbüro wird zudem Auskunft über die Leistungsverbuchung in den Exkursionsmodulen erteilt:

- **Exkursionsmodulbeauftragte Geowissenschaften:**

Frau Kathleen Robinson, Tel.: 0761/203-6398; kathleen.robinson@geologie.uni-freiburg.de; Albertstraße 23-B, Raum 01 020

Prüfungsbescheide, Notenübersichten und Zeugnisse werden durch das Prüfungsamt erstellt:

- **Prüfungsamt Geowissenschaften:**

Frau Ursula Striegel, Tel.: 0761/203-3605, Email: ursula.striegel@unr.uni-freiburg.de; <http://www.unr.uni-freiburg.de/fakultaet/pruefungsamt>; Prüfungsamt der Fakultät für Umwelt und natürliche Ressourcen, Tennenbacherstr. 4, 79085 Freiburg

Bachelor of Science Geowissenschaften

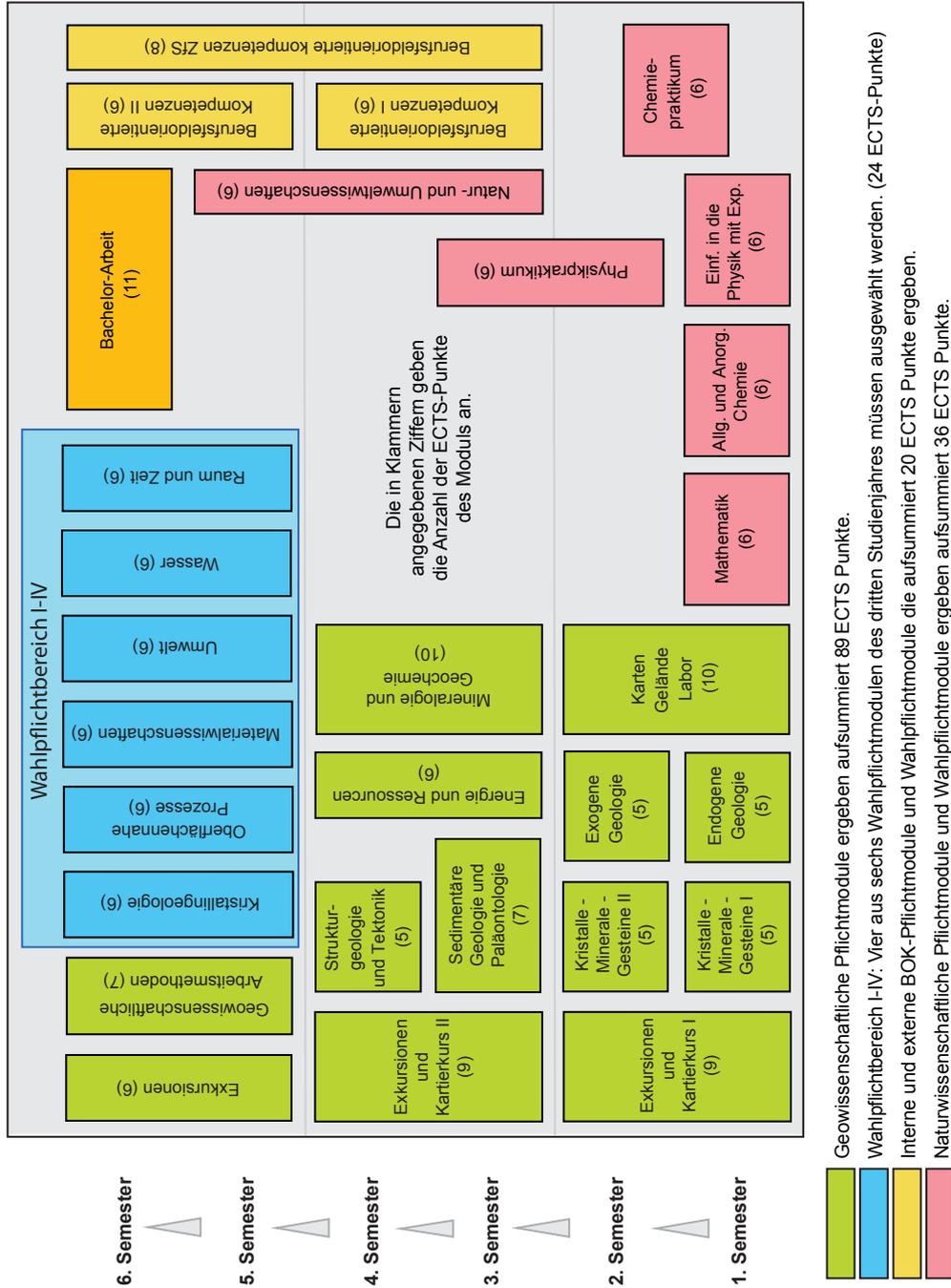


Abbildung 2: Studienverlaufsplan B.Sc. Geowissenschaften.

2. Pflichtmodule (P)

2.1 Kristalle – Minerale - Gesteine I

Ab dem WS 2015/16 gilt die PO 2015, so dass die Gestaltung der Semester 1 - 3 bereits im Modulhandbuch zur PO 2015 beschrieben sind. Sofern Studierende aus PO 2012 noch Module der ersten drei Semestern absolvieren müssen, bitte an die Studiengangskordinatorin Frau Wibke Kowalski wenden (wibke.kowalski@minpet.uni-freiburg).

2.2 Prozesse der Erde: Endogene Geologie

Ab dem WS 2015/16 gilt die PO 2015, so dass die Gestaltung der Semester 1 - 3 bereits im Modulhandbuch zur PO 2015 beschrieben sind. Sofern Studierende aus PO 2012 noch Module der ersten drei Semestern absolvieren müssen, bitte an die Studiengangskordinatorin Frau Wibke Kowalski wenden (wibke.kowalski@minpet.uni-freiburg).

2.3 Kristalle – Minerale - Gesteine II

Ab dem WS 2015/16 gilt die PO 2015, so dass die Gestaltung der Semester 1 - 3 bereits im Modulhandbuch zur PO 2015 beschrieben sind. Sofern Studierende aus PO 2012 noch Module der ersten drei Semestern absolvieren müssen, bitte an die Studiengangskordinatorin Frau Wibke Kowalski wenden (wibke.kowalski@minpet.uni-freiburg).

2.4 Prozesse der Erde: Exogene Geologie

Ab dem WS 2015/16 gilt die PO 2015, so dass die Gestaltung der Semester 1 - 3 bereits im Modulhandbuch zur PO 2015 beschrieben sind. Sofern Studierende aus PO 2012 noch Module der ersten drei Semestern absolvieren müssen, bitte an die Studiengangskordinatorin Frau Wibke Kowalski wenden (wibke.kowalski@minpet.uni-freiburg).

2.5 Karten - Gelände - Labor

Ab dem WS 2015/16 gilt die PO 2015, so dass die Gestaltung der Semester 1 - 3 bereits im Modulhandbuch zur PO 2015 beschrieben sind. Sofern Studierende aus PO 2012 noch Module der ersten drei Semestern absolvieren müssen, bitte an die Studiengangskordinatorin Frau Wibke Kowalski wenden (wibke.kowalski@minpet.uni-freiburg).

2.6 Exkursionen und Kartierkurs I

Ab dem WS 2015/16 gilt die PO 2015, so dass die Gestaltung der Semester 1 - 3 bereits im Modulhandbuch zur PO 2015 beschrieben sind. Sofern Studierende aus PO 2012 noch Module der ersten drei Semestern absolvieren müssen, bitte an die Studiengangskordinatorin Frau Wibke Kowalski wenden (wibke.kowalski@minpet.uni-freiburg).

2.7 Sedimentäre Geologie und Paläontologie

Ab dem WS 2015/16 gilt die PO 2015, so dass die Gestaltung der Semester 1 - 3 bereits im Modulhandbuch zur PO 2015 beschrieben sind. Sofern Studierende aus PO 2012 noch Module der ersten drei Semestern absolvieren müssen, bitte an die Studiengangskordinatorin Frau Wibke Kowalski wenden (wibke.kowalski@minpet.uni-freiburg).

2.8 Mineralogie und Geochemie

Dozierende

a) Prof. Dr. D. Dolejs; Dr. R. Martinez; Prof. Dr. A. Cröll; PD Dr. A. Danilewsky

b) Prof. Dr. W. Siebel

c) Dr. H. Müller-Sigmund

Modulart	Workload	Credits	Studiensemester	Turnus	Dauer
P	300 h	10 ECTS	a), b) 3. Sem. c) 4. Sem.	a), b) WS c) SS	2 Semester
Lehrveranstaltung			Kontaktzeit	Selbststudium	Gruppengröße
a) Physik und Chemie der Minerale			a) 3 SWS / 45 h	a) 45 h	a) 60
b) Geochemie			b) 3 SWS / 45 h	b) 45 h	b) 60
c) Polarisationsmikroskopie			c) 5 SWS / 75 h	c) 45 h	c) V: 40, Ü: 20

Qualifikationsziele/Kompetenzen

In der Lehrveranstaltung „Physik und Chemie der Minerale“ werden die strukturellen Eigenschaften der Minerale vermittelt, welche in den beiden Veranstaltungen „Geochemie“ und „Polarisationsmikroskopie“ theoretisch und praktisch angewendet werden.

In Bezug auf das Gesamtprofil des Studiengangs vermittelt das Modul *Mineralogie und Geochemie* die Grundlagen für das Verständnis petrologischer Prozesse in der Erdkruste und im Erdmantel, welche insbesondere für die Wahlpflichtmodule Kristallingeologie und Materialwissenschaften von Bedeutung sind.

Im Folgenden sind die einzelnen Qualifikations- und Kompetenzziele des Moduls spezifiziert:

- a) Die Studierenden verstehen die Grundlagen der Thermodynamik und sind in der Lage, Phasendiagramme sachkundig zu interpretieren. Die Studierenden können das Wachstum von Kristallen und die Grundlagen der Kristallzüchtung erklären sowie analytische Verfahren zur Materialbestimmung benennen.
- b) Die Studierenden verfügen über Grundlagenwissen im Bereich der Geochemie und können es zur Erklärung vielfältiger Beziehungen zwischen anorganischer Chemie und den Geowissenschaften einsetzen. Außerdem können sie geochemische Daten bearbeiten und zur Interpretation geologischer Prozesse heranziehen.
- c) Die Studierenden können das Verhalten von Licht in anisotropen Medien beschreiben und die optischen Kenngrößen eines Minerals für definierte Orientierungen ableiten bzw. berechnen. Sie können ein Polarisationsmikroskop sachkundig bedienen und lichtoptische Eigenschaften von Mineralen damit messen. Sie können die lichtoptischen Eigenschaften

von Mineralen im Dünnschliff beschreiben, die Minerale bestimmen und ihre Mengenteile schätzen. Sie können einfache Mikrogefüge beschreiben und daraus den Bildungsbe- reich des Gesteins ableiten.

Lehrinhalte des Moduls

- a) Die physikalischen und chemischen Eigenschaften von Mineralen werden entscheidend durch ihre thermodynamischen Eigenschaften und ihren atomaren Aufbau bestimmt. Die Kenntnis der thermodynamischen Gesetzmäßigkeiten erlaubt die Vorhersage der Stabilität, Bildung und Umwandlung von Mineralen und damit die Konstruktion von Phasendiagrammen. Aus der geometrischen Lage und der Art der Bindung der Bausteine resultieren so wichtige Eigenschaften wie Härte, optische, elektrische oder magnetische Eigenschaften der Kristalle, die analytisch oder technisch nutzbar sind. Die Kenntnis der grundlegenden Prinzipien erlaubt einerseits eine Vorhersage der Eigenschaften und ist somit wichtig für die Analyse und Anwendung von kristallinen Materialien; andererseits ermöglicht sie das gezielte Herstellen von Kristallen mit maßgeschneiderten Eigenschaften, die nicht in der Natur vorkommen. Im Rahmen der Vorlesung werden aufbauend auf kristallchemischen und kristallphysikalischen Grundlagen die Grundzüge der Kristallzucht vorgestellt.
- b) Geochemische Untersuchungen sind zu einem wichtigen Werkzeug der Geowissenschaften geworden. Die Elektronenkonfiguration der Elemente bestimmt, wie sie sich in der Natur verhalten und damit auch, wie sie in verschiedene Minerale eingebaut werden. In diesem Einführungskurs werden die chemischen Elemente von einem geologischen Gesichtspunkt her behandelt. Themen umfassen u.a.: Grundsätze der anorganischen Chemie; Chemische Bindung; Nukleosynthese; Phasengleichgewichte; Elementverteilungen Sonne : Erde : Mond – Erde : Kruste : Mantel; stabile und radiogene Isotope und deren Anwendungen in den Erdwissenschaften; Verhalten der Elemente und Elementgruppen bei geologischen Prozessen, Spurenelementfraktionierungen bei magmatischen Prozessen, Konstruktion von verschiedenen geochemischen Diagrammen.
- c) Die Beobachtung von Kristallen, Mineralen und Gesteinen mit dem Polarisationsmikroskop liefert eine ungeheure Informationsfülle, die durch keine andere Untersuchungsmethode gewonnen werden kann. Die Bestimmung der optischen Eigenschaften der Festkörper gestattet eine schnelle und sichere Identifikation bzw. eine Charakterisierung unbekannter Substanzen. Die Abschätzung oder Messung der relativen Mengenteile und die Beobachtung von Korngrößen und Verwachsungseigenschaften verschiedener Phasen ermöglicht Rückschlüsse auf chemische Zusammensetzung und Bildungsprozesse von Gesteinen. Dieser Kurs vermittelt die Grundlagen der optischen Eigenschaften von Festkörpern (Kristalloptik) sowie deren Messung mit dem Polarisationsmikroskop. In den Übungen wird der praktische Umgang mit dem Polarisationsmikroskop, die Messung lichtoptischer Parameter von Mineralen sowie das Beschreiben und Identifizieren der häufigen

gesteinsbildenden Minerale in charakteristischen Gesteinen erlernt.

Lehrformen (didaktische Umsetzung)

a) Vorlesung unter Verwendung von Demonstrationsmaterial mit anschließender Diskussion aller Beteiligten

Wissenschaftliche Übung mit theoretischen Übungsaufgaben und Diskussion aller Beteiligten

Praktische Kleingruppenarbeit (max. 10 Studierende pro Gruppe) im Röntgenlabor mit anschließende Versuchsauswertung unter Anleitung

b) Vorlesung mit Demonstrationsmaterial und audio-visueller Unterstützung

Wissenschaftliche Übung mit theoretischen Übungsaufgaben und Diskussion aller Beteiligten

c) Vorlesung mit Modellen und Anschauungsmaterial, Übungen am Mikroskop mit Mineral- und Gesteinspräparaten, Beschreibung und Messung optischer Eigenschaften sowie Identifikation gesteinsbildender Minerale und einfacher Gefüge, Gelegenheit zum selbständigen, unbetreuten Mikroskopieren

Studien- und Prüfungsleistungen

Studienleistungen:

a) Teilnahme; Übungsaufgaben;

b) Teilnahme, Übungsaufgaben;

c) Teilnahme, Übungsaufgaben, praktische Prüfung, Verständnistest

Prüfungsleistung:

Modulabschlussprüfung (Klausur über a), b) und c)) am Ende des 4. Semesters

Empfohlene Teilnahmevoraussetzungen

a) Keine

b) Allgemeine und Anorganische Chemie

c) Kristalle – Minerale – Gesteine I

Verwendung des Moduls

B.Sc. Geowissenschaften; B.Sc. Geographie; B.Sc. Biologie; B.Sc. Hydrologie, B.Sc. Archäologie

Grundlagenliteratur

- a) Meyer, K. (1977): Physikalisch-chemische Kristallographie, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 368.
- Nesse, W.D. (2012): Introduction to Mineralogy. Oxford University Press, Oxford, 480.
- Klein, C. (2001): Manual of Mineral Science. Wiley, New York, 656.
- b) Faure, G. (1998): Principles and Applications of Geochemistry. Prentice Hall, 600.
- Gill, R.O. (1989) Chemische Grundlagen der Geowissenschaften. Enke, 294.
- Rollinson, H. R. (1993): Using Geochemical Data - Evaluation, Presentation, Interpretation. Longman Scientific & Technical, Essex, 352.
- White, W.M. (2013): Geochemistry. Wiley-Blackwell, Chichester, 660.
- c) Nesse, W. D. (2013): Introduction to Optical Mineralogy. Oxford University Press, Oxford, 361.
- Nesse, W.D. (2012): Introduction to Mineralogy. Oxford University Press, Oxford, 466.

Skripte/Vorlesungsaufzeichnungen

<https://ilias.uni-freiburg.de/login.php>

bzw. wie in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben

2.9 Energie und Georessourcen

Dozierende

- a) Prof. Dr. W. Siebel; Prof. Dr. S. Hergarten
- b) Prof. Dr. B. Stribrny
- c) Prof. Dr. B. Stribrny
- d) Prof. Dr. Ulrich Vogt (EMPA, CH)

Modulart	Workload	Credits	Studiensemester	Turnus	Dauer
P	180 h	6 ECTS	a), b) 3. Sem. c), d) 4. Sem.	a), b) WS c), d) SS	2 Semester
Lehrveranstaltung			Kontaktzeit	Selbststudium	Gruppengröße
a) Fossile Energierohstoffe			a) 2 SWS / 30 h	a) 30 h	Jeweils 90
b) Steine und Erden			b) 1 SWS / 15 h	b) 15 h	
c) Erzlagerstätten			c) 1 SWS / 15 h	c) 15 h	
d) Technische Mineralogie			d) 2 SWS / 30 h	d) 30 h	

Qualifikationsziele/Kompetenzen

In den Lehrveranstaltungen „Fossile Energierohstoffe“, „Steine und Erden“ und „Erzlagerstätten“ werden die Entstehung und Beschaffenheit verschiedener Rohstoffe sowie deren Lagerstätten ergründet. In der Veranstaltung „Technische Mineralogie“ werden die in den Modulen *Kristalle – Minerale - Gesteine I und II* und *Mineralogie und Geochemie* erlernten Grundlagen der Mineralogie angewandt, um verschiedene technische Verfahren sowie die Herstellung spezieller Materialien kennen zu lernen.

In Bezug auf das Gesamtprofil des Studiengangs vermittelt das Modul *Energie und Georessourcen* ein Gesamtbild der Anreicherung chemischer Komponenten und deren Umwandlung in natürliche und künstliche Rohstoffe, welches insbesondere für die Wahlpflichtmodule Umwelt und Materialwissenschaften von Bedeutung ist.

Im Folgenden sind die einzelnen Qualifikations- und Kompetenzziele des Moduls spezifiziert:

- a) Die Studierenden können den geologischen Kreislauf organischer Substanzen erläutern und einschätzen, ob in einer gegebenen geologischen Situation die Bildungsbedingungen für Kohlenwasserstoff-Lagerstätten gegeben sind. Sie entwickeln Strategien zur Erschließung und Gewinnung von Kohlenwasserstoff- und Erdwärme-Lagerstätten.
- b) und c) Die Studierenden können die Bildungsbedingungen und Vorkommen der verschiedenen Rohstoff-Lagerstättenarten erläutern, aktuelle Versorgungslage und Zukunftsaussichten für verschiedene Rohstoffe diskutieren und Umweltproblematiken beurteilen.
- d) Die Studierenden können keramische Rohstoffe, Syntheserouten, Verarbeitungsprozesse

und Anwendungsmöglichkeiten im Bereich der Technischen Mineralogie wiedergeben sowie grundlegende technische Berechnungen zu keramischen Versuchsansätzen usw. durchführen.

Lehrinhalte des Moduls

- a) Die Geowissenschaften haben im Bereich der Auffindung und Erschließung von Energierohstoffen traditionell eine Schlüsselrolle. Zu den Energierohstoffen zählen insbesondere fossile Energieträger wie Kohlenwasserstoffe (Erdöl und Erdgas) sowie Torf, Braun- und Steinkohle. Der erste Teil der Lehrveranstaltung konzentriert sich auf Erdöl und Erdgas als wichtige Primärenergieträger. Die verschiedenen Entwicklungsschritte zur Bildung einer ökonomisch verwertbaren Lagerstätte vom Muttergestein über Maturität und Migration bis zur Akkumulation der Kohlenwasserstoffe in einer Fangstruktur werden besprochen. Anhand von Beispielen werden verschiedene sekundäre und tertiäre Gewinnungsverfahren erläutert. Danach werden unkonventionelle Vorkommen wie Gashydrate, Ölsande und Schiefergas („shale gas“) vorgestellt. Unter welchen Bedingungen Torf- und Kohlelagerstätten (Braunkohle, Steinkohle) entstehen, wie mögliche Lagerstätten beschaffen sein können und wie sie gefördert werden und wozu Kohle verwendet (incl. Veredlungsverfahren) wird, wird abschließend behandelt.
- b) Sand, Kies, Natursteine, Zementrohstoffe, Gips sowie Ton und Tongesteine nehmen mengenmässig die Spitzenstellung bei der Gewinnung von oberflächennahen mineralischen Massenrohstoffen ein. Im Gegensatz zu den Energie- und Metallrohstoffen wird der Großteil des inländischen Bedarfs an mineralischen Rohstoffen in Deutschland produziert. Zirka 800 Mio t Steine- und Erdenrohstoffe werden pro Jahr im Bundesgebiet gefördert. Der Pro-Kopf-Verbrauch liegt bei etwa 10t an mineralischen Primärrohstoffen pro Jahr. Woher kommen diese Rohstoffe? Welche Prozesse haben zu ihrer Bildung beigetragen? Welche ökologischen Rucksäcke sind mit der Rohstoffgewinnung verbunden? Welche Lösungen bieten die Geowissenschaften damit die Rohstoffgewinnung im Spannungsdreieck zwischen Ökonomie, Ökologie und sozialer Verträglichkeit nachhaltig bleibt? Diese Fragen werden im Rahmen der Vorlesung anhand von Fallbeispielen beantwortet.
- c) Die Bundesrepublik Deutschland zählt zu den größten Rohstoffkonsumenten der Welt. Während ein Großteil der Massenrohstoffe, zum Beispiel Kies, Sand, Kalkstein und Ton innerhalb des Landes gewonnen wird, besteht bei den Metallrohstoffen eine nahezu 100%ige Importabhängigkeit. Woher kommen diese Rohstoffe? Welche geodynamischen und metallogenetischen Prozesse haben zur ihrer Bildung beigetragen? Welche ökologischen Rucksäcke sind mit der Rohstoffgewinnung verbunden? Welche Lösungen bieten die Geowissenschaften damit die Rohstoffgewinnung im Spannungsdreieck zwischen Ökonomie, Ökologie und sozialer Verträglichkeit nachhaltig bleibt? Diese Fragen werden im Rahmen der Vorlesung an Fallbeispielen aus vielen Lagerstättenprovinzen der Welt beantwortet.
- d) Die Technische Mineralogie ist zwischen den Geowissenschaften und den Materialwissen-
-

schaften angesiedelt. Untersuchungsgegenstand sind u.a. Keramik, Glas, Baustoffe und Bindemittel. Der Schwerpunkt dieser Vorlesung liegt neben einer Einführung in Zemente und Bindemittel auf den verschiedenen keramischen Materialien von der klassischen Silikatkeramik bis zur Hochleistungskeramik und deren Einsatzgebiete. Hierbei werden die diversen Rohstoffe, die unterschiedlichen Syntheseverfahren, die Aufbereitungs-, Verarbeitungs- und Sintertechnologien sowie die Charakterisierungsmethoden vermittelt. Thematisiert werden neueste Entwicklungen auf dem Gebiet der Energie- und Umwelttechnik, in der Luft- und Raumfahrt sowie in der Triebwerktechnik und im Maschinenbau, aber auch in der Medizintechnik. In praktischen Übungen und Rechenbeispielen werden Methoden und Prozesse verdeutlicht. Dies wird ergänzt durch eine eintägige Exkursion zu einem Keramikhersteller oder einem Zementwerk.

Lehrformen (didaktische Umsetzung)

- a) Vorlesung unter Verwendung von Demonstrationsmaterial und audio-visueller Unterstützung mit anschließender Diskussion aller Beteiligten
 - b) Blockkurs mit Demonstrationsmaterial
 - c) Blockkurs mit Demonstrationsmaterial
 - d) Vorlesung unter Verwendung von Demonstrationsmaterial und audio-visueller Unterstützung und Diskussion zu relevanten Fragen + Pflichtexkursion Zementwerk oder Keramikbetrieb
-

Studien- und Prüfungsleistungen

Studienleistungen:

- a) Teilnahme
- b) Teilnahme
- c) Teilnahme
- d) Teilnahme

Prüfungsleistung:

Modulabschlussprüfung (Klausur über a), b), c) und d)) am Ende des vierten Semesters

Empfohlene Teilnahmevoraussetzungen

- a) – d) Kristalle – Minerale – Gesteine I: Kristalle – Minerale – Gesteine I; Kristalle – Minerale – Gesteine II: Kristalle – Minerale – Gesteine II, Mineralogie und Geochemie: Physik und Chemie der Minerale
-

Verwendung des Moduls

B.Sc. Geowissenschaften, Lehramt

Grundlagenliteratur

a) Boyle, G., Everett, B. & Ramage, J. (2012): Energy Systems and Sustainability – Power for a Sustainable Future. Oxford University Press, Oxford, 640.

Boyle, G. (2004): Renewable Energy – Power for a Sustainable Future. Oxford University Press, Oxford, 464.

Gluyas, J. & Swarbrick, R. (2003): Petroleum Geoscience. Blackwell, Malden, MA, 376.

b) Pohl, W. L. (2005): Mineralische und Energie-Rohstoffe. Schweizerbart, Stuttgart, 527.

c) Pohl, W. L. (2005): Mineralische und Energie-Rohstoffe. Schweizerbart, Stuttgart, 527.

d) Locher, F. W. (2000): Zement. Grundlagen der Herstellung und Verwendung. Vbt Verlag Bau u. Technik, Düsseldorf, 522

Stark, J. & Wicht, B. (2000): Zement und Kalk- der Baustoff als Werkstoff. Birkhäuser, Basel, 376.

Salmang, H. & Scholze, H. (2007): Keramik, Springer, Berlin, 1065.

http://www.keramverband.de/keramik/pdf/02/sem02_03.pdf

<http://e-collection.library.ethz.ch/eserv/eth:24511/eth-24511-01.pdf>

Skripte/Vorlesungsaufzeichnungen

<https://ilias.uni-freiburg.de/login.php>

bzw. wie in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben

2.10 Strukturgeologie und Tektonik

Dozierende

Prof. Dr. T. Kenkmann

Modulart	Workload	Credits	Studiensemester	Turnus	Dauer
P	150 h	5 ECTS	4. Sem.	SS	1 Semester
Lehrveranstaltung			Kontaktzeit	Selbststudium	Gruppengröße
Strukturgeologie und Tektonik			4 SWS / 60 h	90	90

Qualifikationsziele/Kompetenzen

In Bezug auf das Gesamtprofil des Studiengangs vermittelt das Modul grundlegendes Wissen hinsichtlich der Deformationsprozesse, die in der Erdkruste infolge Plattentektonik und Gebirgsbildung auftreten und baut damit auf den Modulen *Endogene Geologie* und *Exogene Geologie* auf. Die Studierenden erwerben Kernkompetenzen im Bereich der qualitativen und quantitativen Erfassung von Verformungs- und Spannungszuständen in der Lithosphäre. Das Wahlpflichtmodul *Kristallingeologie* knüpft an dieses Modul an. Die Bereiche Strukturgeologie und Tektonik zählen zu den Forschungsschwerpunkten des Instituts.

Im Folgenden sind die einzelnen Qualifikations- und Kompetenzziele des Moduls spezifiziert:

Die Studierenden können planare (z.B. Schichteneinfallen oder Schieferung) und lineare Strukturdaten (z.B. Faltenachsen, Schnittlineare) in flächentreuer Projektion darstellen, statistisch auswerten und das Gesteinsgefüge selbständig interpretieren. Die Studierenden werden in die Lage versetzt, Deformationsmechanismen im Gestein abzuleiten und Rückschlüsse auf die physikalischen Randbedingungen bei der Deformation zu ziehen. Sie können einfache Verformungs- und Spannungsanalysen graphisch und rechnerisch durchführen. Sie setzen kleintektonische Beobachtungen und großräumliche Strukturen in einen kausalen Kontext und nutzen die Erkenntnisse für plattentektonische Fragestellungen. So können sie z.B. die in einem Gestein gespeicherten Gefüge-Informationen nutzen, um den kinematischen Werdegang eines Gesteins zu rekonstruieren.

Lehrinhalte des Moduls

Die Veranstaltung gibt eine Einführung in die Strukturgeologie und Tektonik. Das Deformationsinventar der Erdkruste wird im mikro- und makroskopischen Maßstab vorgestellt. Methoden der Darstellung von Strukturdaten werden vorgestellt. Das variable Deformationsverhalten von Gestein wird als Funktion von Druck, Temperatur, Lithologie, Verformungsrate, und Gesteinslöslichkeit vorgestellt. Es werden die Haupttypen von Störungen im plattentektonischen Kontext erläutert (Auf- und Überschiebungen, Abschiebungen, Seitenverschiebungen) und mechanische Prozesse in Scherzonen besprochen. Faltungsgeometrien und Faltungs-Mechanismen werden vorgestellt und mit Änderungen im Gesteinsgefüge gekoppelt.

Die durch die Gesteinsdeformation entstehenden linearen und planaren Gefüge-Elemente werden erläutert; Deformationsmechanismen und Grundlagen der Rheologie besprochen. Die Grundlagen der Verformungs- und Spannungsanalyse werden vermittelt, wobei graphische und mathematische Methoden angewandt werden.

Lehrformen (didaktische Umsetzung)

Vorlesung unter Verwendung von Demonstrationmaterial (Gesteinsproben aus den Sammlungen des Instituts) mit anschließender Diskussion aller Beteiligten.

In den Übungen werden graphische Verfahren zur Darstellung von Gefügedaten mithilfe des Schmidt'schen Netzes trainiert. Mathematische und graphische Methoden werden vorgestellt und geübt, mit deren Hilfe Spannung und Verformungszustände im Gestein ermittelt werden können. Praktische Übungen am Polarisationsmikroskop.

Studien- und Prüfungsleistungen

Studienleistungen: Teilnahme an den Übungen, Übungsaufgaben

Prüfungsleistung: Modulabschlussprüfung (Klausur) am Ende der Lehrveranstaltung

Empfohlene Teilnahmevoraussetzungen

Endogene Geologie und Exogene Geologie

Verwendung des Moduls

B.Sc. Geowissenschaften; B.Sc. Geographie; B.Sc. Biologie; B.Sc. Hydrologie, B.Sc. Archäologie; Lehramt

Grundlagenliteratur

Eisbacher, G.H. (1991): Einführung in die Tektonik. Enke, Stuttgart, 310.

Meschede, M. (1994): Methoden der Strukturgeologie. Enke, Stuttgart, 169.

Moores, E. M. & Twiss, R. J. (1995): Tectonics. W.H. Freeman, New York, 415.

Passchier, C. W. & Trouw, R. A. J. (1996): Microtectonics. Springer, Berlin, 289.

Twiss, R. J. & Moores, E. M. (2007): Structural Geology. W.H. Freeman, New York, 532.

Skripte/Vorlesungsaufzeichnungen

<https://ilias.uni-freiburg.de/login.php>

bzw. wie in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben

2.11 Exkursionen und Kartierkurs II

Dozierende

a) Die Dozenten der Geowissenschaften

b) Prof. Dr. M. Rahn, Dr. C. Redler

Modulart	Workload	Credits	Studiensemester	Turnus	Dauer
P	270 h	9 ECTS	3. - 4. Sem.	jährlich	2 Semester
Lehrveranstaltung			Kontaktzeit	Selbststudium	Gruppengröße
a) Exkursionen / Industrieexkursionen II			a) 10 Tage à 10 h pro Jahr / 100 h	a) 50 h	a) 50
b) Kartierkurs II			b) 7 Tage / 70 h	b) 50 h	b) 8

Qualifikationsziele/Kompetenzen

Für die Ausbildung von Geowissenschaftler/innen spielt das Training im Gelände eine zentrale Rolle. Das Hauptziel von Exkursionen ist daher die unmittelbare Erfahrung konkreter geologischer Phänomene im Gesteinsaufschluß und deren Einordnung in einen regionalgeologischen Kontext mit dem Ziel erdgeschichtliche Abläufe zu rekonstruieren. Dies fördert die Fähigkeit, in Vorlesungen und Übungen erlernte Informationen und Konzepte zu verstehen, zu analysieren, zu synthetisieren und anzuwenden. Geowissenschaftliche Geländemethoden werden vertieft sowie die Kenntnisse unterschiedlicher Gesteine und geotektonischer Zusammenhänge erweitert, so dass im Kartierkurs II komplexe geologische Lagerungsverhältnisse selbständig aufgenommen, dargestellt und interpretiert werden können.

In Bezug auf das Gesamtprofil des Studiengangs baut das Modul *Exkursionen und Kartierkurs II* auf den Modulen *Karten–Gelände–Labor* und *Exkursionen und Kartierkurs I* auf und vermittelt ein fortgeschrittenes Verständnis geologischer Zusammenhänge im Gelände bzw. geotechnischer Prozesse. Das Modul bereitet auf die Bachelor-Arbeit und Berufstätigkeit (kartierende/r Geologin/Geologe oder Materialwissenschaftler/in) vor.

Im Folgenden sind die einzelnen Qualifikations- und Kompetenzziele des Moduls spezifiziert:

- a) Die Studierenden sind in der Lage, Gesteine detailliert unter Berücksichtigung des Gefüges zu differenzieren und können auch komplexere Lagerungsverhältnisse mit dem Kompass einmessen. Sie können eine große Bandbreite an geologischen Lokalitäten interpretieren und hierdurch auf die erdgeschichtliche Entwicklung des Untersuchungsraums und die Landschaftsgenese schließen. Sie verwenden hierbei die geologische Fachterminologie.
- b) Die Studierenden werden in die Lage versetzt, in kleinen Gruppen selbständig ein geologisch komplexes Gebiet zu kartieren. Die Studierenden können sich in dem zugewiesenen

Gebiet orientieren und jederzeit sicher ihren Standort auf topographischen Karten bestimmen. Sie beschreiben die geomorphologische Situation und setzen sie in kausalen Kontext mit der Untergrundbeschaffenheit. Sie kartieren das Gebiet systematisch und flächendeckend, indem sie die zur Verfügung stehenden Gesteinsaufschlüsse petrographisch und gefügemäßig charakterisieren und in einen stratigraphischen Kontext stellen. Sie sind in der Lage, komplexe Lagerungsverhältnisse mit einem Gefügekompas einzumessen, in der Karte darzustellen und tektonisch zu deuten. Sie erstellen eine geologische Karte der kartierten geologischen Einheiten und konstruieren geologische Profile durch die Struktur. Im Kartierbericht ordnen die Studierenden die eigenen Beobachtungen in den regionalgeologischen Kontext ein.

Lehrinhalte des Moduls

- a) Die Exkursionen vertiefen und erweitern die im Modul *Exkursionen und Kartierkurs I* erworbenen Kenntnisse. Exkursionen dienen dazu, das in den Vorlesungen theoretisch erworbene Wissen praktisch umzusetzen und zu vertiefen. Je nach Exkursionsgebiet werden verschiedene Aspekte aus den Vorlesungen tangiert. Exkursionen dienen dazu (i) die regionale Geologie des Exkursionsgebietes kennenzulernen, (ii) das Spektrum der Gesteine in ihrer natürlichen Umgebung zu erfassen und anzusprechen, (iii) die strukturgeologische und tektonische Situation zu erkennen, (iv) vor diesem Hintergrund Prozesse der Landschaftsgenese zu entziffern, (v) den Fossilinhalt der Gesteine zu beobachten und (vi) an Hand des Fossilgehaltes Paläo-Klimabedingungen zur Zeit der Sedimentablagerung zu bestimmen. Der Studierende erlernt damit, die erdgeschichtliche Entwicklung eines Naturraums zu rekonstruieren. Thematisch fokussierte Exkursionen, z.B. der Besuch von Bergwerken, Lagerstätten oder Industrieanlagen dient der Vertiefung des Verständnisses von Prozessen zur Gewinnung und Verarbeitung von Gestein. Der Standort Freiburg ist idealer Ausgangspunkt für geologische Exkursionen. Das Spektrum der Exkursionen umfasst unter anderem Exkursionen zu folgenden Gebiete: Kaiserstuhl, Schwarzwald, Vogesen/Oberrheingraben und Vorbergzone, Schweizer Jura, verschiedene Regionen der Alpen, Molasse, Schwäbische Alb, Nördlinger Ries, Harz.
- b) Der Kartierkurs vertieft und erweitert die im Modul *Exkursionen und Kartierkurs I* erworbenen Kartier-Fertigkeiten. Kartierkurse sind im Gelände stattfindende Übungen, in welchen die Studierenden ihr erworbenes Wissen auf den Gebieten der Kartenkunde sowie der Gesteinskunde anwenden. Anfangs noch unter Anleitung sind sie in der Folge gefordert selbständig in Gruppenarbeit die verschiedenen Gesteine zu erkennen, diese in geologische Zusammenhänge zu bringen und die Gesteinseinheiten (Lithologien) in eine topographische Karte zu übertragen. Neben der Erkundung der Geologie und der Orientierung im Gelände mit Karte und Kompass gehört auch das Einmessen von Gefügedaten (Schieferung, Schichtung, Lineation, Faltenachsen) und deren Übertragung in die geologische Karte zu den Anforderungen dieses Kurses. Anhand der Gefügedaten sowie der unterschiedlichen Lithologien lernen die Kursteilnehmenden geologische Profilschnitte zu

konstruieren. Inhalt dieser Kartierübung ist es auch, die Studierenden zur Entnahme von aussagekräftigen Handstücken bzw. orientierten Proben anzuleiten. Hinsichtlich der tektonischen Situation und der Petrographie ist der geologische Kartierkurs II durch höhere Komplexität gegenüber dem Kartierkurs I gekennzeichnet.

Lehrformen (didaktische Umsetzung)

- a) Ein- und mehrtägige Exkursionen zu Zielen im In- und Ausland unter verschiedenen Gesichtspunkten (regionalgeologischer Überblick, spezielle geotektonische Situationen, Gewinnung und Veredlung von Rohstoffen, ...), kooperative Beschreibung und Quantifizierung sowie zeichnerische Darstellung von Geländebefunden oder Produktionsprozessen, Seminare und Kurzvorträge im Vorfeld oder vor Ort.
 - b) Kartierübung in Klein-Teams (max. 3 Studierende), selbständige geologische Kartierung von 4-6 km² großen Gebieten, Gruppendiskussion der Geländebefunde und Interpretationsvarianten, kooperatives Erstellen einer Gesamtkarte
-

Studien- und Prüfungsleistungen

Studienleistungen:

- a) Teilnahme, Protokoll, kleinräumige Geländeaufnahmen, Seminare und Kurzvorträge im Vorfeld oder vor Ort;
- b) Teilnahme

Prüfungsleistungen:

Modulabschlussprüfung (Kartierbericht über b) mit geologischer Karte und Profilschnitten am Ende der Lehrveranstaltung

Empfohlene Teilnahmevoraussetzungen

- a) Exkursionen aus Exkursionen und Kartierkurs I
 - b) Kristalle – Minerale – Gesteine I, Kristalle – Minerale – Gesteine II, Kartierkurs I
-

Verwendung des Moduls

B.Sc. Geowissenschaften

Grundlagenliteratur

Regional geologische Literatur und Exkursionsführer des Untersuchungsgebietes

Skripte/Vorlesungsaufzeichnungen

<https://ilias.uni-freiburg.de/login.php>

bzw. wie in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben

2.12 Geophysikalische und geochemische Methoden

Dozierende

- a) Prof. Dr. S. Hergarten
- b) Prof. Dr. W. Siebel
- c) Prof. Dr. S. Hergarten, N.N.

Modulart	Workload	Credits	Studiensemester	Turnus	Dauer
P	210 h	7 ECTS	a) 5. Sem. b), c) 6. Sem.	a) WS b), c) SS	2 Semester
Lehrveranstaltung			Kontaktzeit	Selbststudium	Gruppengröße
a) Quantitative Methoden in der Geologie			a) 2 SWS / 30 h	a) 30 h	Jeweils 90
b) Geochemische Methoden			b) 3 SWS / 45 h	b) 45 h	
c) Petrophysikalische Methoden			c) 2 SWS / 30 h	c) 30 h	

Qualifikationsziele/Kompetenzen

Die drei Lehrveranstaltungen des Moduls konzentrieren sich auf die Vermittlung und Anwendung grundlegender, quantitativer Methoden, wobei sowohl physikalische als auch chemische Prozesse anhand erdwissenschaftlicher Beispiele theoretisch und praktisch behandelt werden.

In Bezug auf das Gesamtprofil des Studiengangs vermittelt dieses Modul ein physikalisch-chemisch-mathematisches Verständnis geologischer Prozesse, welches insbesondere für praktische Anwendungen in allen Wahlpflichtmodulen von Bedeutung ist und für die modernen Geowissenschaften eine zentrale Rolle spielt.

Im Folgenden sind die einzelnen Qualifikations- und Kompetenzziele des Moduls spezifiziert:

- a) Die Studierenden können Datensätze mit statistischen Methoden analysieren. Sie wenden verschiedene Verfahren zur räumlichen Aufbereitung und Analyse von Daten an. Sie können für sequentielle Daten (Zeitreihen, Spektren, Bohrlochmessungen) adäquate analytische Methoden auswählen und anwenden.
- b) Ziel dieses Kurses ist, Einblick in die wichtigsten geochemischen Prozesse zu gewinnen und selbständig die dazugehörigen Fragestellungen lösen zu können. Die erworbenen Kenntnisse werden den Teilnehmenden ermöglichen, sowohl klassische geologische als auch umweltrelevante Themen besser beurteilen und einstufen zu können.
- c) Die Studierenden können die für die verschiedenen Geomaterialien relevanten Festkörpereigenschaften beschreiben und ihre Relevanz für ingenieurgeologische Maßnahmen diskutieren. Sie können Messungen gesteinsphysikalischer Parameter durchführen, aus-

werten und erläutern.

Lehrinhalte des Moduls

- a) Geowissenschaftliche Messdaten sollen wissenschaftliche Erkenntnisse belegen und angewandte Fragestellungen beantworten können. Dazu ist immer eine angepasste Weiterverarbeitung und fundierte Beurteilung der Datenaussage nötig. Teil dieser quantitativen Methoden ist die statistische Verarbeitung. Datensätze, die einen räumlichen Bezug haben, sollen meist in diesem Kontext dargestellt und analysiert werden. Z.B. sind bei der Konturierung von Daten verschiedene Verfahren zu unterscheiden (Kriging, Abstandsfunktionen, u.a.). Spektralanalysen und Zeitreihen werden ebenfalls behandelt.
- b) Dieser Kurs baut auf der Einführungsvorlesung Geochemie auf. Lehrinhalte sind: Geochemische Gleichgewichte; Verteilung, Löslichkeit und Transport von Elementen; Stoffkreisläufe (Kohlenstoff, Schwefel, Stickstoff). Ausserdem werden verschiedene geologische Environments (Atmosphäre, Böden, Binnengewässer, Ozeane, kontinentale Kruste) und die darin ablaufenden relevanten geochemischen Vorgänge diskutiert. Dabei werden auch Aspekte der aktuellen anthropogenen Beeinflussung betrachtet. Rechenübungen zu den verschiedenen Themen ergänzen den Stoff der Vorlesung.
- c) Die petrophysikalischen Eigenschaften geologischer Materialien sind sehr vielfältig. Im Rahmen der Lehrveranstaltung liegt das Hauptaugenmerk auf den Festigkeitseigenschaften von Locker- und Festgesteinen bzw. Böden (Fels- und Bodenmechanik). Solche Informationen sind insbesondere für die Ingenieurgeologie und die Planung von Bauwerken (Tunnel, Brücken, Eignung von Baugrund) erforderlich, aber auch für die Verwendung von Natursteinen zu Bau- und Restaurationszwecken relevant. Für diese Untersuchungen stehen am Institut verschiedene Messapparaturen zur Verfügung, die im Rahmen des Kurses vorgeführt und praktisch erprobt werden. Darüber hinaus werden weitere wichtige petrophysikalische Parameter wie Dichte, Porosität und Permeabilität sowie seismische, elektrische, magnetische und thermische Gesteinseigenschaften besprochen.

Lehrformen (didaktische Umsetzung)

- a) Praktischer Kurs in Datenverarbeitung mit wissenschaftlichen Übungen und Diskussion aller Beteiligten.
- b) Vorlesung unter Verwendung von Demonstrationmaterial und audio-visueller Unterstützung. Wissenschaftliche Übungen mit theoretischen Übungsaufgaben und Diskussion aller Beteiligten
- c) Vorlesung und wissenschaftliche Übungen mit theoretischen Übungsaufgaben und Diskussion aller Beteiligten

Studien- und Prüfungsleistungen

Studienleistungen:

- a) Teilnahme;
- b) Teilnahme, Übungsaufgaben
- c) Teilnahme, Protokolle

Prüfungsleistungen:

Jeweils Hausarbeit zu a), b) und c)

Empfohlene Teilnahmevoraussetzungen

- a) Mathematik I für Studierende der Naturwissenschaften
 - b) Allgemeine und Anorganische Chemie, Praktikum Allgemeine und Anorganische Chemie, Mineralogie und Geochemie: Geochemie
 - c) Einführung in die Physik mit Experimenten, Physikalisches Praktikum
-

Verwendung des Moduls

B.Sc. Geowissenschaften

Grundlagenliteratur

- a) Davis, J.C. (2002): Statistics and data analysis in Geology. Wiley, New York, 656.
Swan, A.R.H. & Sandilands, M. (1995): Introduction to Geological Data Analysis. Wiley, New York, 638.
 - b) Andrews, J.E., Brimblecombe, P., Jickells, T.D., Liss, P.S. & Reid, B. (eds.) (2003) An Introduction to Environmental Chemistry. Wiley, New York, 318.

Faure, G. (1991): Principles and Applications of Inorganic Geochemistry. Maxwell Macmillan, New York, 626.

Gill, G. (2015): Chemical Fundamentals of Geology and Environmental Geoscience. Wiley-Blackwell, 288.
 - c) Scholz, C. (1990): The mechanics of Earthquakes and Faulting. Cambridge University Press, Cambridge, 439.

Schön, J. (1988) Petrophysik. Physikalische Eigenschaften von Gesteinen und Mineralien. Enke, Stuttgart, 405.
-

Skripte/Vorlesungsaufzeichnungen

<https://ilias.uni-freiburg.de/login.php>

bzw. wie in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben

2.13 Exkursionen

Dozierende

Die Dozenten der Geowissenschaften

Modulart	Workload	Credits	Studiensemester	Turnus	Dauer
P	180 h	6 ECTS	5. - 6. Sem.	Jedes Semester	2 Semester
Lehrveranstaltung			Kontaktzeit	Selbststudium	Gruppengröße
Exkursionen/ Industrieexkursionen III			12 Tage à 10 h pro Jahr / 120 h	60 h	Max. 50

Qualifikationsziele/Kompetenzen

In dem Modul *Exkursionen* werden alle Exkursionen des 5. und 6. Fachsemesters zusammengefasst, welche die Lehrinhalte der unter Kapitel 3 aufgeführten Wahlpflichtmodule auf praktischer, anwendungs- und geländebezogener Basis ergänzen. Im Rahmen der Wahlpflichtmodule wird vom verantwortlichen Dozierenden mitgeteilt, falls bestimmte angebotene Exkursionen das Wahlpflichtmodul sinnvoll ergänzen und belegt werden müssen.

Diese praxis- und anwendungsbezogene Lehre rundet das Bachelorstudium ab und bereitet die Studierenden gezielt auf ihre Bachelorarbeit oder weiterführende Qualifikationen vor. Da mit diesen Exkursionen ein breites Themenspektrum der Geowissenschaften abgedeckt wird, dient es den Studierenden als Entscheidungshilfe für die spätere Berufswahl.

Lehrinhalte des Moduls

Die verschiedenen Exkursionen vertiefen und erweitern die in den vorangegangenen Modulen *Exkursionen und Kartierkurs I und II* erworbenen Kenntnisse und sind teilweise Ergänzungen zu speziellen Lehrinhalten anderer Module. Das Spektrum der Exkursionsgebiete ist groß und umfasst wechselnde Gebiete. Impressionen zu einigen Exkursionen der letzten Jahre finden sich unter: <http://portal.uni-freiburg.de/bachelor-geo/Studierende/exkursionen/exkursionsbeispiele> (z.B.: USA, Schwäbische Alb, Alpen, Nördlinger Ries, Eifel, Skandinavien, Island...).

Exkursionen dienen dazu (i) die regionale Geologie des Exkursionsgebietes kennenzulernen, (ii) das Spektrum der Gesteine in ihrer natürlichen Umgebung zu erfassen und anzusprechen, (iii) die strukturgeologische und tektonische Situation zu erkennen und (iv) vor diesem Hintergrund Prozesse der Landschaftsgenese zu entziffern, (v) den Fossilinhalt der Gesteine zu beobachten und an Hand des Fossilgehaltes Paläo-Klimabedingungen zur Zeit der Sedimentablagerung zu bestimmen, sowie (vi) die Gewinnung und Verarbeitung von Rohstoffen mithilfe thematisch fokussierter Exkursionen zu Bergwerken, Lagerstätten oder

Industrieanlagen kennen zu lernen. Die Studierenden erlernen damit, die erdgeschichtliche Entwicklung eines Naturraums zu rekonstruieren bzw. seine ökonomische Nutzung unter den Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit zu beurteilen.

Lehrformen (didaktische Umsetzung)

Exkursion: Erkennen, Skizzieren, Beschreiben und Diskutieren von ausgewählten geowissenschaftlichen Formen im Gelände unter aktiver Mitwirkung aller Studierenden.

Studien- und Prüfungsleistungen

Studienleistungen: Teilnahme

Prüfungsleistungen: Protokolle. Das nach Exkursionstagen gewichtete Mittel der Protokollnoten ergibt die Modulnote.

Empfohlene Teilnahmevoraussetzungen

Exkursionen aus Exkursionen und Kartierkurs I, Exkursionen aus Exkursionen und Kartierkurs II, Kristalle – Minerale – Gesteine I, Kristalle – Minerale – Gesteine II, je nach Modulwahl: Faziesanalyse, Sedimentgeologie, Regionale Geologie Europas.

Verwendung des Moduls

B.Sc. Geowissenschaften, Lehramt

Grundlagenliteratur

Modulbezogene Fachliteratur, Regionalgeologische Literatur und Exkursionsführer der vorgestellten Exkursionsziele.

Skripte/Vorlesungsaufzeichnungen

<https://ilias.uni-freiburg.de/login.php>

bzw. wie in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben

2.14 Mathematik I für Studierende der Naturwissenschaften

Ab dem WS 2015/16 gilt die PO 2015, so dass die Gestaltung der Semester 1 - 3 bereits im Modulhandbuch zur PO 2015 beschrieben sind. Sofern Studierende aus PO 2012 noch Module der ersten drei Semestern absolvieren müssen, bitte an die Studiengangskordinatorin Frau Wibke Kowalski wenden (wibke.kowalski@minpet.uni-freiburg).

2.15 Allgemeine und Anorganische Chemie

Ab dem WS 2015/16 gilt die PO 2015, so dass die Gestaltung der Semester 1 - 3 bereits im Modulhandbuch zur PO 2015 beschrieben sind. Sofern Studierende aus PO 2012 noch Module der ersten drei Semestern absolvieren müssen, bitte an die Studiengangskordinatorin Frau Wibke Kowalski wenden (wibke.kowalski@minpet.uni-freiburg).

2.16 Einführung in die Physik mit Experimenten

Ab dem WS 2015/16 gilt die PO 2015, so dass die Gestaltung der Semester 1 - 3 bereits im Modulhandbuch zur PO 2015 beschrieben sind. Sofern Studierende aus PO 2012 noch Module der ersten drei Semestern absolvieren müssen, bitte an die Studiengangskordinatorin Frau Wibke Kowalski wenden (wibke.kowalski@minpet.uni-freiburg).

2.17 Praktikum Allgemeine und Anorganische Chemie

Ab dem WS 2015/16 gilt die PO 2015, so dass die Gestaltung der Semester 1 - 3 bereits im Modulhandbuch zur PO 2015 beschrieben sind. Sofern Studierende aus PO 2012 noch Module der ersten drei Semestern absolvieren müssen, bitte an die Studiengangskordinatorin Frau Wibke Kowalski wenden (wibke.kowalski@minpet.uni-freiburg).

2.18 Physikalisches Praktikum

Ab dem WS 2015/16 gilt die PO 2015, so dass die Gestaltung der Semester 1 - 3 bereits im Modulhandbuch zur PO 2015 beschrieben sind. Sofern Studierende aus PO 2012 noch Module der ersten drei Semestern absolvieren müssen, bitte an die Studiengangskordinatorin Frau Wibke Kowalski wenden (wibke.kowalski@minpet.uni-freiburg).

2.19 Wahlpflichtmodul Natur- und Umweltwissenschaften

Dozierende

Verschiedene Dozierende

Modulart	Workload	Credits	Studiensemester	Turnus	Dauer
WP	180 h	6 ECTS	3.-5. Sem.	Variiert je nach Wahl des/der Kurse(s).	1 Semester
Lehrveranstaltung Natur- und Umweltwissenschaften (Aus dem Lehrangebot der Chemie, Mathematik, Physik, Biologie, Geographie, Hydrologie, Meteorologie und Bodenkunde sind Lehrveranstaltungen nach eigener Wahl zu belegen. Siehe Beispiele auf den folgenden Seiten.)			Kontaktzeit Variiert je nach Wahl des/der Kurse(s).	Selbststudium dito	Gruppengröße dito

Qualifikationsziele/Kompetenzen

Hinsichtlich des Gesamtprofils des Studiengangs stellt dieses Modul für die Studierenden eine Möglichkeit dar, eigenständig Kurse zu wählen, die ihren Interessengebieten entsprechen. Dabei können sie bereits vorhandenes Wissen in bestimmten Bereichen vertiefen oder neue Erkenntnisse in von ihnen gewählten Gebieten gewinnen. Dieses Modul trägt somit dazu bei, individuelle Kompetenzen im Bachelorstudium zu erwerben, welche beispielsweise bei der Erstellung der Bachelorarbeit oder der Wahl eines anschließenden Masterstudiums von Bedeutung sind.

Lehrinhalte des Moduls

Die Studierenden gewinnen je nach Wahl vertiefte Kenntnisse in den Bereichen **Chemie** (z.B. Anorganische Chemie (z.B. Metalle, Nichtmetalle); Physikalische Chemie; Spezialvorlesungen zu verschiedenen Themen (z.B. Pigmente, Silikatchemie)), **Mathematik** (z.B. Mathematik II), **Geographie/Umweltwissenschaften** (z.B. Geomorphologie; Biogeographie; planetare und terrestrische Fernerkundung; Geoinformationssysteme; Klimageographie; Klima & Wasser; Landschaftszonen; Bodenkunde; Hydrologie), **Physik** (z.B. Grundlagen der Physik, Stoßwellenphysik) und **Biologie** (z.B. Zellbiologie; Genetik; Molekularbiologie; Botanik).

Lehrformen (didaktische Umsetzung)

je nach Kurswahl variabel

Studien- und Prüfungsleistungen

Studienleistungen: Teilnahme, je nach Wahl des/der Kurse(s) weitere Studienleistungen

Prüfungsleistung: keine

Empfohlene Teilnahmevoraussetzungen

Variiert je nach Wahl des/der Kurse(s).

Verwendung des Moduls

Lehrimport, B.Sc. Geowissenschaften

Grundlagenliteratur

Variiert je nach Wahl des/der Kurse(s).

Skripte/Vorlesungsaufzeichnungen

<https://ilias.uni-freiburg.de/login.php>

bzw. wie in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben

Beispiele zum Wahlpflichtmodul Natur- und Umweltwissenschaften

Dozierende

- a) Dr. G. Wulf
- b) Dr. F. Schäfer
- c) Dr. F. Schäfer
- d) Prof. Dr. S. van Gasselt

Modulart	Workload	Credits	Studien-semester	Turnus	Dauer
WP	a) 60 h b) 90 h c) 90 h d) 90 h	a) 2 ECTS b) 3 ECTS c) 3 ECTS d) 3 ECTS	a) 5. Sem. b) 3. + 5. Sem. c) 4. + 6. Sem. d) 5. Sem.	(Kurse werden teilweise nicht jedes Semester angeboten)	a) 1 Semester b) 1 Semester c) 1 Semester oder Blockkurs

				a) WS b) WS c) SS d) variabel	d) 1 Woche Blockkurs
Lehrveranstaltung			Kontaktzeit	Selbststudium	Gruppengröße
a) Einführung in die Erstellung digitaler geologischer Karten			a) 1 SWS / 15 h	a) 45 h	a) 25
b) Charakterisierung von Geomaterialien unter Stoßbelastung I (ggf. in englischer Sprache)			b) 2 SWS / 30 h	b) 60 h	b) 30
c) Charakterisierung von Geomaterialien unter Stoßbelastung II (ggf. in englischer Sprache)			c) 2 SWS / 30 h	c) 60 h	c) 30
d) Geologische Fernerkundung der Erde und Planeten (ggf. in englischer Sprache)			d) 2 SWS / 30 h	d) 60 h	d) 20 (max. 2 Studierende / Computer)

Qualifikationsziele/Kompetenzen

- a) Die Studierenden können elementar mit Fernerkundungsdaten umgehen und diese mit geeigneter Software (ArcGIS) nutzen.
- b) Collisions of planetary bodies are amongst the most fundamental processes in solar system. During such impact processes, the materials of the involved bodies are subject to extreme dynamical loads that are always associated with the generation and propagation of shock waves. The Lecture "Characterization of geomaterials under shock loads I" aims at teaching the fundamentals of shock wave physics, the applications of shock waves, and the mathematical description of shock waves in one dimension. To this purpose, the conservation equations for shock wave physics are derived from first principles and the concept of equation of state for solids is explained. The shock wave theory shall be used for computing the pressure levels reached during crater formation. The second goal of this lecture is to provide an overview of the experimental methods that are used to investigate the material behaviour under shock loads. Here, methods are discussed that are used for generation of Hugoniot data in the laboratory as well as accelerator technology for performing cratering research in the lab at small scales.
- c) As a consequence of the shock wave propagation, the material undergoes a transient and irreversible change in its physical state, leading to shock compression and thermodynamic heating of the material. At a later stage of the impact process, the material is released again from the shock state. The Lecture "Characterization of geomaterials under shock

loads II" aims at teaching the thermodynamic processes during impact and aims at computing the thermodynamic state of materials after release from the shock state.

- d) *Remote sensing* is generally understood as a collection of methods with the goal of investigating distant objects without establishing physical contact by making use of information transported by electromagnetic radiation. In the field of classical geology, remote sensing complements the set of field tools that are available to investigate geologic settings by in-situ methods or in the lab. In planetary geology, however, remote sensing (and remote measurements) often provide the only available access to planetary surfaces. The methodological repertoire allows remote-sensing geologists to employ instruments covering individual ranges of the electromagnetic spectrum and to study not only the shape and structure from image data but also to derive information on composition as well as relative (and absolute) stratigraphic settings.

The successful students will be able to select appropriate remote-sensing instruments for specific research questions and to understand working principles and technical characteristics of instruments and observations. Students will be able to assess mapping strategies from airborne and orbital platforms and learn how to interpret spectral image information from a geological point of view.

Additionally, the successful students will have obtained a detailed understanding about data processing and data integration into state-of-the-art mapping platforms.

Lehrinhalte des Moduls

- a) Die Qualität, Auflösung und Verfügbarkeit von Fernerkundungsdaten der Erdoberfläche hat insbesondere in den letzten Jahren erheblich zugenommen und ermöglicht eine Vielzahl geologischer und geomorphologischer Analysen. Dabei zeigen die Einsatzmöglichkeiten von Fernerkundungsdaten einen starken interdisziplinären Charakter und verbinden unterschiedlichste Fachrichtungen (z.B. Meteorologie und Klimatologie, Geologie, Kartografie, Hydrologie und Forstwesen). Kern der Veranstaltung sind die Vermittlung grundlegender Begriffe der Fernerkundung und das Erlernen von elementaren Fähigkeiten, um entsprechende Daten zu nutzen und zu analysieren. Die geologische Interpretation der Erdoberfläche und der Gebrauch geeigneter Softwarepakete (ArcGIS) stehen dabei im Vordergrund.
- b) The lecture starts with an introduction into shock waves, where they occur, and what they are applied for. A mathematical description of shock waves in one dimension is then given, starting from first principles. Also, the concept of equation of state for solids is introduced, and how to use them for shock wave computations. The lecture includes a number of exercises, also including computations with spreadsheets.
- c) The lecture starts with an introduction in to thermodynamic theory. Then, the principles of the shock- and release processes are taught, followed by computations of the thermodynamic heating of materials following a shockwave passage. The lecture includes

a number of exercises, using spreadsheets.

- d) The main part discusses principles of remote-sensing and their application in geology with a focus on cameras, spectrometers as well as Lidar/radar instruments and also includes details on data processing. A walkthrough through the history and technical developments of remote-sensing methodologies in the field of Earth and planetary sciences complements that part. Exercises are composed of targeted guided and supervised tours through techniques and mapping principles.
-

Lehrformen (didaktische Umsetzung)

- a) Vorlesung mit praxisorientierten Beispielen und interaktiver Gruppendiskussion
- b) Alternating lectures and exercises
- c) Workshop: alternating lectures and exercises
- d) Hybrid lecture with lectures, tutorials and embedded exercises (calculations, mappings and sketches)
-

Studien- und Prüfungsleistungen

Studienleistungen:

- a) Teilnahme;
- b) Regular attendance;
- c) Regular attendance;
- d) Regular attendance.

Prüfungsleistung:

- a) Abgabe eines ArcGIS-Projekts;
- b) Written examination;
- c) Written examination;
- d) Marked report (including map).
-

Empfohlene Teilnahmevoraussetzungen

- a) Grundvorlesung und Übungen in den Geowissenschaften und Naturwissenschaften
- b) Start at the earliest in BSc 3rd semester
- c) Start at the earliest in BSc 4th semester
- d) Basic knowledge in mathematics and physics (optics, radiation), some field mapping competences
-

Verwendung des Moduls

Lehrimport, B.Sc. Geowissenschaften

Grundlagenliteratur

- a) Lange, N. (2006): Geoinformatik in Theorie und Praxis. Springer, Heidelberg, 460.
Kappas, M. (1994): Fernerkundung nah gebracht, Leitfaden für Geowissenschaftler. Dümmler, Bonn, 207.
- b) Melosh, H.J. (1989): Impact cratering. A geologic process. Oxford University Press, New York, 245.
French, B. M. (1998): Traces of catastrophe. A handbook of shock-metamorphic effects in terrestrial meteorite impact structures. LPI-Contribution No. 954, 120. (download for free: <http://cass.jsc.nasa.gov/publications/books/CB-954/CB-954.intro.html>)
Hiermaier, S. (2008): Structures under Crash and Impact, Springer, 422.
Kenkmann, T. (2009): Asteroid and Comet Impacts throughout Earth's history. Zeitschrift für Geologische Wissenschaften 37, 293-318.
- c) same as b)
- d) Albertz, J. (2009): Einführung in die Fernerkundung. Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern. WBG, Darmstadt, 254.
Drury, S. (2001): Image Interpretation in Geology. Blackwell Science, Cheltenham, 290.
Gupta, R.P. (2003): Remote Sensing Geology. Springer, Berlin, 656.
Lillesand, T.M., Kiefer, R.W. & Chipman, J. (2008): Remote Sensing and Image Interpretation. John Wiley & Sons, Hoboken, 756.
Prost, G.L. (2013): Remote Sensing for Geoscientists: Image Analysis and Integration. CRC Press, Boca Raton, 702.

Skripte/Vorlesungsaufzeichnungen

<https://ilias.uni-freiburg.de/login.php>

bzw. wie in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben

3. Wahlpflichtmodule (WP)

3.1 Kristallingeologie					
Dozierende					
a) Prof. Dr. D. Dolejs; Dr. H. Müller-Sigmund					
b) Dr. M. Poelchau; Prof. Dr. K. Kenkmann					
c) Dr. A. Danilewsky					
Modulart	Workload	Credits	Studiensemester	Turnus	Dauer
WP (Wahlpflicht)	180 h	6 ECTS	a) 5. Sem. b) + c) 6. Sem.	a) WS b) + c) SS	2 Semester
Lehrveranstaltung			Kontaktzeit	Selbststudium	Gruppengröße
a) Petrogenese in Kruste und Mantel			a) 4 SWS / 60 h	a) 30 h	a) V: 40, Ü: 20
b) Orogene Prozesse			b) 2 SWS / 30 h	b) 30 h	b) 25
c) Realstruktur der Kristalle			c) 1 SWS / 15 h	c) 15 h	c) 25

Qualifikationsziele/Kompetenzen

Petrologie und Deformation eines Gesteins sind auf das engste miteinander verknüpft. Dies wird unmittelbar in Gebirgen sichtbar, in denen Versenkung, Metamorphose und Deformation gleichzeitig ablaufende Prozesse sind, die sich wechselseitig beeinflussen. Die in diesem Modul zusammengefassten und miteinander verschränkten Veranstaltungen dienen dem Verständnis dieser komplexen Zusammenhänge, wobei ein Rahmen vom atomaren Maßstab der Deformationsmechanismen im Kristallgitter bis zum großmaßstäblichen Gebirgsaufbau gespannt wird. Das Modul basiert auf den Modulen *Strukturgeologie und Tektonik* sowie *Mineralogie und Geochemie* des 3. und 4. Semesters.

Im Folgenden sind die einzelnen Qualifikations- und Kompetenzziele des Moduls spezifiziert:

- a) Die Studierenden wenden Werkzeuge der Petrologie wie Normberechnungen, Fraktionierungsberechnungen etc. auf geochemische Daten an. Sie entwickeln ein vertieftes Verständnis für metamorphe und magmatische Prozesse. Sie können komplexe Mineralparagenesen und Reaktionsgefüge zeichnen, beschreiben und interpretieren.
- b) Die Studierenden können bruchhafte Verformungen in oberkrustalen Gebirgsstockwerken von Vorländern analysieren. Sie können verschiedene Quantifizierungsmethoden zu Verformungen anwenden und mit Hilfe von verschiedenen Methoden diese krustalen Verformungen rückgängig machen und so Ausgangszustände vor der Deformation rekonstruieren.

- c) Die Studierenden kennen das Prinzip grundlegender Kristallbaufehler wie Stufen- oder Schraubenversetzungen, oder Stapelfehler und sind in der Lage, selbige mit verschiedenen Nachweismethoden theoretisch nachzuweisen. Damit erfassen die Studierenden skalenübergreifend die dreidimensionalen Deformationsvorgänge global von der Gebirgsbildung über mesoskopische Mineralumwandlungen bis in die atomare Größenordnung der Gitterdefekte.

Lehrinhalte des Moduls

- a) Magmatische und metamorphe Petrogenese: Inhalt dieser Lehrveranstaltung sind Erdmantelprozesse, Intrusionsmechanismen, Magmen-Entwicklung, Vulkanite, Granit-Genese, metamorphe Strukturen und Texturen, metamorphe Fazies und Reaktionen, Fluide, Massentransport. In den zugeordneten Übungen werden Rechen- und Modellierbeispiele erarbeitet sowie exemplarische Gesteine in Großstufen, Handstück und Dünnschliff vorgeführt. Bei den polarisationsmikroskopischen Untersuchungen von Magmatiten und Metamorphiten steht neben einer Vervollständigung des Repertoirs an gesteinsbildenden und fazieskritischen Mineralen die Beschreibung und petrogenetische Interpretation charakteristischer Strukturen und Gefüge im Vordergrund. Durch Dünnschliff-Zeichnungen wird das Beobachtungsvermögen geschult.
- b) Die Kenntnis des Verhaltens von Gesteinen unter dem Einfluss mechanischer Kräfte ist von grundlegender Bedeutung. Es können verschiedene Verhaltensweisen je nach geologischer Situation auftreten. So können Gesteine komprimiert, gedehnt oder geschert werden. Unter bestimmten Voraussetzungen ist die tektonische Deformation geometrisch widerspruchsfrei und geologisch realistisch rückformbar, es handelt sich dabei um palinspastische Profile oder bilanzierte Profile. Eine wesentliche Voraussetzung zur Profilbilanzierung ist eine ebene Verformungsgeometrie, d.h. es darf kein Material in der Profilebene hinzugekommen sein oder sie verlassen haben. Darüber hinaus sollte die Volumenkonstanz während der Verformung gegeben sein. Man unterscheidet bei den Methoden der Profilbilanzierung u.a. die Linienlängenbilanz und die Flächenbilanz. Mit verschiedenen Techniken lassen sich sowohl Einengungs- als auch Extensionstrukturen bilanzieren. Die Profilbilanzierung ist bei der Erkundung und Ausbeutung von Lagerstätten eine grundlegende Methode, die Geologen/Geologinnen beherrschen müssen.
- c) Die Struktur der Kristalle wird meist als Idealstruktur beschrieben, in der alle Punktlagen mathematisch exakt mit den richtigen Atomen besetzt sind und keinerlei Störungen auftreten. In realen Mineralen oder auch gezüchteten Kristallen sind jedoch viele Baufehler vorhanden, die die physikalischen Eigenschaften erheblich beeinflussen. Diese Baufehler werden geordnet nach ihrer Dimension besprochen: Punktdefekte, Versetzungen, Stapelfehler und Korngrenzen ebenso wie Präzipitate oder Einschlüsse, immer auch mit Bezug auf die Auswirkungen auf die Kristalleigenschaften. Vorgestellt werden die wichtigsten Methoden zur Untersuchung der Realstruktur.

Lehrformen (didaktische Umsetzung)

- a) Vorlesung mit audiovisuellen Komponenten, Computer-Rechnungen und – Modellierungen, Diskussion und Ansprache von Anschauungsmaterial sowie Mikroskopierübungen in kleinen Gruppen, kooperative Erstellung von Gesteinsbeschreibungen und Genesemodellen
- b) Vorlesung mit audiovisuellen Komponenten und Ausgabe von Bohrprofilen oder seismischen Profilen als Anschauungsmaterial. Übungen in Kleingruppen an Datensätzen aus der angewandten Geologie und der Lagerstättenforschung
- c) Vorlesung mit audio-visuellen Bestandteilen, multimedialen, dreidimensionalen Anschauungsmaterialien und anschließender Diskussion

Studien- und Prüfungsleistungen

Studienleistungen:

- a) Teilnahme, Übungsaufgaben (kollektive, gruppenweise oder individuelle Lösungen), Beschreibung und Interpretation mikroskopischer Präparate;
- b) Teilnahme, Übungsaufgaben (in Kleingruppen);
- c) Teilnahme;

Prüfungsleistung:

Modulteilprüfung über a) am Ende des 5. Semesters

Empfohlene Teilnahmevoraussetzungen

- a) Kristalle - Minerale - Gesteine I und II, Prozesse der Erde: Exogene Geologie, Prozesse der Erde: Endogene Geologie, Mineralogie und Geochemie: Polarisationsmikroskopie
- b) Strukturgeologie und Tektonik
- c) Kristalle – Minerale – Gesteine I und II

Verwendung des Moduls

B.Sc. Geowissenschaften, Lehramt

Grundlagenliteratur

- a) Winter, J.D. (2010): An introduction to igneous and metamorphic petrology. Prentice Hall, New Jersey, 702.
- b) Woodward, N.H., Boyer, S.E. & Suppe, J. (1987): Balanced Geological Cross-Sections: An essential technique in geological research and exploration. AGU Short Course in Geology

6, 132.

Winterfeld von, B. & Oncken, O. (1995): Non-plane strain in section balancing; calculation of restoration parameters.- Journal of Structural Geology 17, 447-450.

Ramsay, J.G. & Huber, M.I. (1984): The Techniques of Modern Structural Geology. Bd I Strain Analysis. Academic Press, London, 307.

c) Bohm, J. (1995): Realstruktur von Kristallen. Schweizerbart, Stuttgart, 442.

Skripte/Vorlesungsaufzeichnungen

<https://ilias.uni-freiburg.de/login.php>

bzw. wie in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

3.2 Oberflächennahe Prozesse

Dozierende

- a) Prof. Dr. F. Preusser; Dr. J.-H. May
- b) Prof. Dr. A. Hoppe; Prof. Dr. T. Kenkmann
- c) Prof. Dr. S. Hergarten; Dr. J.-H. May

Modulart	Workload	Credits	Studiensemester	Turnus	Dauer
WP	180 h	6 ECTS	a), b) 5. Sem. c) 6. Sem.	a), b) WS c) SS	2 Semester
Lehrveranstaltung			Kontaktzeit	Selbststudium	Gruppengröße
a) Einführung in die Quartärforschung			a) 2 SWS / 30 h	a) 30 h	a) 25
b) Geologische Risiken			b) 3 SWS / 45 h	b) 15 h	b) 25
c) Quantitative Geomorphologie			c) 2 SWS / 30 h	c) 30 h	c) 30

Qualifikationsziele/Kompetenzen

Alle Lehrveranstaltungen des Moduls beschäftigen sich mit unterschiedlichen Bereichen und Aspekten oberflächennaher Prozesse. Dabei spielen bei a) und c) die Rekonstruktionen von ehemaligen Ablagerungsräumen eine zentrale Rolle, während in b) das aktuogeologische Gefährdungspotenzial dieser Gebiete im Vordergrund steht. In dem Modul werden wichtige gesellschaftsrelevante Kompetenzen erworben. Die wissenschaftliche Beschäftigung mit oberflächennahen geologischen Prozessen gehört zu den Kernaufgaben des Instituts. In Bezug auf das Gesamtprofil des Studiengangs ist das Modul grundlegende Voraussetzung für eine Bachelorarbeit in diesem Bereich.

Im Folgenden sind die einzelnen Qualifikations- und Kompetenzziele des Moduls spezifiziert:

- a) Die Studierenden sind mit den grundlegenden Konzepten und Begriffen, sowie den wichtigsten Methoden der Quartärforschung vertraut.
- b) Die Studierenden können die Phänomene von Geo-Risiken und die sie verursachenden Prozesse beschreiben. Sie analysieren für spezifische Gebiete die Geo-Risiken und können den Entscheidungsträgern Vorsorgemaßnahmen bzw. Frühwarnsysteme empfehlen.
- c) Die Studierenden erlernen grundlegende Methoden der Analyse von Digitalen Höhenmodellen und Satellitenbildern und die Interpretation der abgeleiteten Reliefeigenschaften in Bezug auf die Prozesse der Reliefentwicklung.

Lehrinhalte des Moduls

-
- a) Das Quartär umfasst als jüngste Periode der Erdgeschichte die unmittelbare geologische Vergangenheit (die letzten 2,6 Millionen Jahre), aber auch die Gegenwart. Während des Quartärs erlebte die Erde dramatische Klimaänderungen, die zeitweise zu einer weiträumigen Ausdehnung von Gletschern und Eisschilden führte, verbunden mit einer deutlichen Absenkung des Meeresspiegels. Die Erforschung der Ursachen und Wirkungen der natürlichen Klimaänderungen und deren Einfluss auf Prozesse an der Erdoberfläche sind wichtige Aspekte im Zusammenhang mit der derzeitigen Diskussion über den globalen Wandel. Vor diesem Hintergrund liefert diese Veranstaltung eine Einführung in die Grundlagen der Quartärforschung, in der neben den wichtigsten Begriffen auch die bedeutendsten Methoden und Archive kurz vorgestellt werden.
- b) Unser Alltag wurde und wird zunehmend von den Risiken durch extreme Naturereignisse bestimmt. Instabile Hanglagen führen zu Bergrutschen und -stürzen. Vulkanische Ereignisse haben zum Teil weitreichende Auswirkungen in der Atmosphäre und an der Erdoberfläche. Erdbeben, teils mit dadurch ausgelösten Tsunamis, können große Gebiete in kürzester Zeit vollständig zerstören. Weitere Themengebiete sind die Georisiken geogene Hintergrundgehalte in Gesteinen und Böden sowie Meteoritenimpakte. Diese Risiken werden in ihren Mechanismen, Ursachen und Auswirkungen behandelt. Die Geowissenschaften nehmen in der Risiko-Analyse und -Abschätzung eine Schlüsselstellung ein. Sie können technische Gegenmaßnahmen entwerfen und teilweise auch Vorhersagen zukünftiger Bedrohung erstellen.
- c) Die weltweite Verfügbarkeit und die Qualität von Digitalen Höhenmodellen und multispektralen Satellitendaten hat sich in den letzten Jahrzehnten enorm entwickelt. Dadurch sind Digitale Höhenmodelle und Satellitenbilder zu einem unverzichtbaren Werkzeug in der Geologie und der Geomorphologie geworden. Im ersten Teil der Lehrveranstaltung werden die verschiedenen Typen von Höhenmodellen und Satellitenbildern, die Grundlagen der Datenerfassung, der Umgang mit den teils großen Datensätzen und die Ableitung einfacher Reliefeigenschaften (Gefälle, Krümmung) behandelt. Im zweiten Teil geht es um die Ableitung und Interpretation spezieller Reliefeigenschaften, welche im Bezug zu Prozessen der Reliefentwicklung stehen (z.B. Flussprofile, Knickpunkte, Erkennung glazialer Formen).
-

Lehrformen (didaktische Umsetzung)

- a) Vorlesung mit Diskussion
- b) Vorlesung mit audio-visueller Unterstützung, praxisorientierten Beispielen und Gruppendiskussion
- c) Vorlesung mit Übungen
-

Studien- und Prüfungsleistungen

Studienleistungen:

- a) Teilnahme;
- b) Teilnahme;
- c) Teilnahme, Hausaufgaben;

Prüfungsleistung:

Modulteilprüfung (Klausur über a) und b) am Ende des 5. Semesters

Empfohlene Teilnahmevoraussetzungen

- a) Grundvorlesungen und Übungen in den Geowissenschaften und Naturwissenschaften
 - b) Grundvorlesungen und Übungen in den Geowissenschaften und Naturwissenschaften
 - c) Geophysikalische und geochemische Methoden: Quantitative Methoden in der Geologie
-

Verwendung des Moduls

B.Sc. Geowissenschaften, Lehramt

Grundlagenliteratur

- a) Lowe, J. & Walker, M. (2015): *Reconstructing Quaternary environments*. Routledge, Taylor and Francis, London, 538.
 - b) Plate, E.J. & Merz, B. (eds.) (2001): *Naturkatastrophen, Ursachen – Auswirkungen – Vorsorge*. Schweizerbart, Stuttgart, 475.

Schmincke, H.-U. (2013): *Vulkanismus*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 264.

Schneider, G. (2004): *Erdbeben – Eine Einführung für Geowissenschaftler und Bauingenieure*. Elsevier, Spektrum, München, 246.

Selinus, O. (ed.) (2005): *Medical geology – Impacts of the Natural Environment on Public Health*. Elsevier, Academic Press, Amsterdam, 812.

Wellmer, F.-W. & Becker-Platen, J. D. (eds.) (1999): *Mit der Erde leben – Beiträge Geologischer Dienste zur Daseinsvorsorge und nachhaltigen Entwicklung*. Springer, Berlin, 273.
 - c) Anderson, R. S. & Anderson, S.P. (2010): *Geomorphology: the mechanics and chemistry of landscapes*. Cambridge University Press, Cambridge, 637.

Hengl, T. & Reuter, H.I. (2009): *Geomorphometry: concepts, software, applications*. *Developments in soil science series*. Elsevier, Amsterdam, Heidelberg, 765.

Li, Z., Zhu, Q. & Gold, C. (2004): *Digital Terrain Modeling: Principles and Methodology*.
-

CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington, D.C., 323.

Skripte/Vorlesungsaufzeichnungen

<https://ilias.uni-freiburg.de/login.php>

bzw. wie in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

3.3 Wasser

Dozierende

- a) Prof. Dr. I. Stober
- b) Prof. Dr. S. Hergarten
- c) Dr. R. Martinez

Modulart	Workload	Credits	Studiensemester	Turnus	Dauer
WP	180 h	6 ECTS	a) 5. Sem. b) + c) 6. Sem.	a) WS b) + c) SS	2 Semester
Lehrveranstaltung			Kontaktzeit	Selbststudium	Gruppengröße
a) Hydrogeologie			a) 2 SWS / 30 h	a) 30 h	Jeweils 30
b) Hydrogeologische Übung			b) 3 SWS / 45 h	b) 15 h	
c) Geochemie natürlicher Wässer			c) 2 SWS / 30 h	c) 30 h	

Qualifikationsziele/Kompetenzen

Wasser ist zusammen mit Mineralen und Gesteinen die wichtigste geologische Substanz. Praktisch alle gesteinsbildenden Prozesse laufen unter Beteiligung von Wasser ab. Deshalb ist ein Modul *Wasser* in einem geowissenschaftlichen Studiengang von fundamentaler Bedeutung. Das Modul gliedert sich in drei Teile. Alle drei Kurse haben eine stark praxisorientierte Fokussierung. Der erste Kurs „Hydrogeologie“ führt in die Grundlagen der Grundwassergeologie ein. Dieses Themenfeld wird aber erweitert mit einem Schwerpunkt „Tiefenwässer“ welche besonders für die Geothermie wichtig sind. Der zweite Kurs „Hydrogeologische Übungen“ ergänzt den Grundlagenkurs „Hydrogeologie“ mit praktischer Arbeit im Gelände. Der dritte Kurs „Geochemie natürlicher Wässer“ behandelt auf einfache Weise die chemischen Aspekte von Oberflächen- und Grundwässern sowie die chemische Wechselwirkung von Wasser mit Gesteinen. Die drei aufeinander abgestimmten Veranstaltungen ergänzen sich gegenseitig.

Im Rahmen des Gesamtstudiengangs Geowissenschaften ist ein Grundwissen über die geologische Substanz Wasser sehr erwünscht und die Wahl des Moduls wird allen Studierenden empfohlen. Insbesondere sind *Umwelt, Energie, Sediment* und *Kristallingeologie* Module auf Grundkenntnisse über das Wasser bei den Studierenden angewiesen. Im Berufsalltag von Geologinnen und Geologen spielt insbesondere die Hydrogeologie eine sehr große Rolle.

Im Folgenden sind die einzelnen Qualifikations- und Kompetenzziele des Moduls spezifiziert:

- a) Die Studierenden kennen die Grundlagen der Hydrogeologie und können auf dieser Basis Durchlässigkeiten, Fließgeschwindigkeiten, Speichereigenschaften usw. von verschiedenen Gesteinen mit den entsprechenden Verfahren berechnen. Sie werden in

die Lage versetzt, durch hydraulische Tests die Bemessung von Wasserschutzgebieten abzuschätzen. Sie sind vertraut mit den Prinzipien der Geothermie und dadurch in der Lage, Nutzungsmöglichkeiten regional einzustufen.

- b) Die Studierenden lernen verschiedene geophysikalische Methoden zur Bearbeitung hydrogeologischer Problemstellungen kennen, wenden sie in gut bekannten kleinräumigen Systemen an und werten die selbst erzeugten Daten praxisnah aus.
- c) Die Studierenden verstehen die grundlegenden Mechanismen von Wasser-Gesteinswechselwirkungen mit Schwerpunkt auf Karbonatsystemen. Sie können chemische Analysen von natürlichen Wässern richtig lesen, auf Plausibilität überprüfen, strukturieren, graphisch darstellen und in verschiedene andere Parameter umrechnen.

Lehrinhalte des Moduls

- a) In der Vorlesung werden die wichtigsten Themen der „Allgemeinen“ und der „Angewandten Hydrogeologie“, der „hydrogeologischen Grundlagenforschung“ sowie der „Regionalen Hydrogeologie“ behandelt. Zentrale Themen sind die hydrochemischen und hydraulischen Eigenschaften eines Grundwasserleiters. In der Vorlesung werden u.a. die hydrochemischen Analysen und ihre Interpretation besprochen. Die Folgen von Veränderungen von Druck und Temperatur und die Genese des Grundwassers werden erläutert. Die Bedeutung der hydraulischen Eigenschaften eines Grundwasserleiters wird erläutert. Durchlässigkeiten, Fließgeschwindigkeiten, Speichereigenschaften usw. werden mit den entsprechenden Verfahren berechnet. Die Durchführung und Auswertung hydraulischer Tests wie Pumpversuche, Markierungsversuche usw. werden behandelt. Dazu gehören auch die relevanten geophysikalischen Untersuchungsmethoden. Weitere Themenschwerpunkte stellen die Berechnung/Bemessung von Wasserschutzgebieten dar. Fragestellungen aus der Praxis wie Sanierung von Schadensfällen, Anlage und Problematik von Deponien werden diskutiert. Thermal- und Mineralwässern sowie geothermische Nutzungsmöglichkeiten (Oberflächennahe und Tiefe Geothermie) werden besprochen. In der Regionalen Hydrogeologie werden die wichtigsten Grundwasserleiter (und –stauer) mit ihren hydrogeologischen Eigenschaften in Baden-Württemberg behandelt, wobei regionale Schwerpunkte gesetzt werden.
- b) Auf einem Versuchsfeld bei Freiburg findet eine Einführung in hydrogeologische und geophysikalische Arbeitsmethoden statt. Das Spektrum reicht dabei von der Messung von Grundwasserständen über Tracer-Experimente und Pumpversuche bis hin zur Wasseranalytik. Begleitend dazu werden als Verfahren der Geophysik refraktionsseismische Untersuchungen und Multielektroden-Geoelektrik mit institutseigenen Messapparaturen vorgestellt. Die Studierenden erhalten so einen praxisnahen Überblick über die integrierte Bearbeitung hydrogeologischer Problemstellungen.
- c) Die natürlichen Wässer des Planeten sind zentrales geologisches Material. Meerwasser,

Seen, Flüsse, Grundwasser und Tiefenwasser sind entscheidend an geologischen Prozessen beteiligt. Ihre chemische Zusammensetzung erwerben diese Wässer durch chemische Reaktionen mit den Mineralien der Gesteine und durch Wechselwirkung mit der Atmosphäre und der Biosphäre. Die chemische Zusammensetzung natürlicher Wässer birgt deshalb eine Fülle von Informationen über die Herkunft der Wässer, ihre Fließwege und über ihre potentielle Weiterentwicklung. Grundwasser ist die entscheidende Trinkwasserressource. Die Wasser-Gestein Reaktionen im Untergrund entscheiden ob ein Grundwasser ein Trinkwasser wird oder sich zu einer Salzlauge entwickelt. Tiefenwässer sind heute als Träger geothermaler Energie sehr gefragt. Ihre Chemie kann den Betrieb geothermischer Anlagen stark beeinflussen.

Lehrformen (didaktische Umsetzung)

- a) Vorlesung mit audio-visueller Präsentation und Rechenbeispielen, gemeinsame Erarbeitung von theoretischen Übungsaufgaben und Möglichkeit zur Diskussion
 - b) Vorlesung mit Übungen am Computer, Feldpraktikum
 - c) Vorlesung mit Diskussion aller Beteiligten
-

Studien- und Prüfungsleistungen

Studienleistungen:

- a) Teilnahme;
- b) Teilnahme, Protokolle;
- c) Teilnahme, Übungsaufgaben.

Prüfungsleistung:

Modulteilprüfung (Klausur über a), b) und c)) am Ende der Lehrveranstaltung

Empfohlene Teilnahmevoraussetzungen

- a) Allgemeine und Anorganische Chemie, Praktikum Allgemeine und Anorganische Chemie, Mathematik I für Studierende der Naturwissenschaften, Einführung in die Physik mit Experimenten
 - b) Wasser: Hydrogeologie
 - c) Allgemeine und Anorganische Chemie; Mineralogie und Geochemie: Geochemie; Mineralogie und Geochemie: Physik und Chemie der Minerale; Geophysikalische und geochemische Methoden: Geochemische Methoden
-

Verwendung des Moduls

Grundlagenliteratur

- a) Hölting, B. (1992): Hydrogeologie. Enke, Stuttgart, 415.
- Strayle, G., Stober, I. & Schloz, W. (1994): Ergiebigkeitsuntersuchungen in Festgesteinsaquiferen. Informationen 6, Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Freiburg, 114.
- b) Bender, F. (1985): Angewandte Geowissenschaften – Band II: Methoden der Angewandten Geophysik. Enke, Stuttgart, 766.
- c) Drever, J.I. (1997): The Geochemistry of Natural Waters Surface and Groundwater Environments. Prentice Hall, New Jersey, 436.
- Harris, D.C. (1995): Quantitative Chemical Analysis, Freeman, New York.
- Langmuir, D. (1997): Aqueous Environmental Geochemistry, Prentice Hall, New Jersey, 600.
- Stumm, W. & Morgan, J.J. (1996): Aquatic Chemistry, Wiley, New York, 1022.

Skripte/Vorlesungsaufzeichnungen

<https://ilias.uni-freiburg.de/login.php>

bzw. wie in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

3.4 Raum und Zeit

Dozierende

- a) Prof. Dr. T. Kenkmann
- b) Prof. Dr. F. Preusser; Dr. J.-H. May
- c) PD Dr. U. Leppig

Modulart	Workload	Credits	Studiensemester	Turnus	Dauer
WP	180 h	6 ECTS	a) 5. Sem. b), c) 6. Sem.	a) WS b), c) SS	2 Semester
Lehrveranstaltung			Kontaktzeit	Selbststudium	Gruppengröße
a) Regionale Geologie			a) 2 SWS / 30 h	a) 30 h	Jeweils 25
b) Stratigraphie und Geochronologie			b) 2 SWS / 30 h	b) 30 h	
c) Fossilien in der Erdgeschichte			c) 2 SWS / 30 h	c) 30 h	

Qualifikationsziele/Kompetenzen

Alle Lehrveranstaltungen des Moduls beschäftigen sich mit unterschiedlichen Aspekten der zeitlichen und räumlichen Entwicklung der Erde mit Schwerpunkt Europa. Das Modul baut auf dem Modul *Sedimentäre Geologie und Paläontologie* des 3. Semesters auf. Das Modul sollte gewählt werden, wenn eine Bachelorarbeit auf dem Gebiet der historischen Geologie, Sedimentologie oder Paläontologie angestrebt wird.

Im Folgenden sind die einzelnen Qualifikations- und Kompetenzziele des Moduls spezifiziert:

- a) Die Studierenden können beschreiben, wie das heutige regionalgeologische Kartenbild von Deutschland und Europa entstanden ist. Sie können tektonische, metamorphe, magmatische und sedimentologische Prozesse, welche die Regionale Geologie entscheidend prägten, benennen.
- b) Die Studierenden kennen die verschiedenen Ansätze der Stratigraphie und sind mit den Grundlagen, Verfahrensweisen, Anwendungsbereichen sowie möglichen Fehlerquellen der wichtigsten geochronologischen Methoden vertraut.
- c) Die Studierenden können den Ablauf der Erdgeschichte mit Hilfe von Leitfossilgruppen in geologische Zeitabschnitte gliedern. Sie diskutieren die paläogeographischen, paläoklimatischen und paläökologischen Veränderungen im Laufe der Erdgeschichte und deren Auswirkungen auf die Organismenwelt.

Lehrinhalte des Moduls

- a) Die Vorlesung gibt einen Überblick über die geologische Geschichte Deutschlands und Europas und kann auch ausgewählte Regionen der Erde umfassen. Es werden die
-

geologischen Strukturen in Europa erläutert und deren Entstehungsgeschichte vor dem Hintergrund des plattentektonischen Rahmens behandelt. Die Entwicklung der europäischen Plattform wird ebenso behandelt wie die Prozesse und Auswirkungen der kaledonischen, variszischen und alpidischen Orogenese. An Hand von Fallbeispielen wird die Struktur der Erdkruste vorgestellt.

- b) Diese Veranstaltung knüpft an die Vorlesungen Historische Geologie und Einführung in die Quartärforschung an. Die Prinzipien verschiedener stratigraphischer Ansätze werden im Detail vorgestellt und es wird ein Überblick über die wichtigsten geochronologischen Methoden geboten. Dadurch sind die Studierenden in der Lage, die erdgeschichtliche Unterteilung geologischer Schichten nachzuvollziehen und sind mit den Einsatzmöglichkeiten und Limitationen geochronologischer Methoden vertraut.
- c) Jeder geologische Zeitabschnitt ist charakterisiert durch ganz bestimmte Fossilien (Leitfossilien). Mit ihnen lässt sich ein relatives zeitliches Bezugssystem aufbauen, mithilfe dessen es möglich ist, Aussagen über das (relative) Alter der jeweiligen Gesteinsschichten, in denen sie vorkommen, machen zu können. Mit einbezogen in die Betrachtungen werden die paläogeographischen, damit einhergehend die paläoklimatischen und palökologischen Veränderungen im Laufe der Erdgeschichte und deren Auswirkungen auf die Organismenwelt. Die Sammlung „Leitfossilien“ ergänzt den Unterricht.

Lehrformen (didaktische Umsetzung)

- a) Vorlesung mit audiovisuellen Hilfsmitteln, Tafelbild und Wandkarten.
- b) Vorlesung mit praktischen Übungen
- c) Vorlesung mit audiovisueller Unterstützung und Möglichkeit zur Diskussion

Praktische Übungen in kleineren Gruppen zur Vertiefung des theoretischen Vorlesungsinhaltes an repräsentativen Leitfossilien unter aktiver Mitwirkung der Studierenden

Studien- und Prüfungsleistungen

Studienleistungen:

- a) Teilnahme, Anfertigung eines Berichts zu unterschiedlichen Themen der Vorlesung;
- b) -;
- c) Teilnahme

Prüfungsleistung:

Modulabschlussprüfung über b) und c) am Ende des Sommersemesters

Empfohlene Teilnahmevoraussetzungen

- a) Prozesse der Erde: Endogene Geologie
Prozesse der Erde: Exogene Geologie
Sedimentäre Geologie und Paläontologie: Sedimentologie
Sedimentäre Geologie und Paläontologie: Historische Geologie
- b) Sedimentäre Geologie und Paläontologie: Historische Geologie
Sedimentäre Geologie und Paläontologie: Einführung in die Quartärforschung
- c) Sedimentäre Geologie und Paläontologie: Paläontologie

Verwendung des Moduls

B.Sc. Geowissenschaften, Lehramt

Grundlagenliteratur

- a) Schönerberg, R. (1997): Einführung in die Geologie Europas. Rombach, Freiburg, 385.
Walter, R. (1992) Geologie von Mitteleuropa. Schweizerbart, Stuttgart, 561.
- b) Geyh, M.A. (2005): Handbuch der physikalischen und chemischen Altersbestimmung. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 211.
Walker, M. (2005): Quaternary dating methods. Wiley, Oxford, 304.
- c) Faupl, P. (2000): Historische Geologie. Facultas, Wien, 271.
Rothe, P. (2000): Erdgeschichte. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 240.

Skripte/Vorlesungsaufzeichnungen

<https://ilias.uni-freiburg.de/login.php>

bzw. wie in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

3.5 Umwelt

Dozierende

- a) Prof. Dr. W. Siebel
- b) Prof. Dr. W. Siebel
- c) Dr. R. Martinez

Modulart	Workload	Credits	Studiensemester	Turnus	Dauer
WP	180 h	6 ECTS	a) 5. Sem. b), c) 6. Sem.	a) WS b), c) SS	2 Semester
Lehrveranstaltung			Kontaktzeit	Selbststudium	Gruppengröße
a) Umweltgeologie b) Ressourcenmanagement und Erneuerbare Energien c) Stoffkreisläufe			a) 2 SWS / 30 h b) 1 SWS / 15 h c) 1 SWS / 15 h	a) 30 h b) 45 h c) 45 h	Jeweils 25

Qualifikationsziele/Kompetenzen

Ein tiefgreifendes Verständnis der Umwelt- und Geosysteme ist erforderlich zur Sicherung einer nachhaltigen Energieversorgung. Das Modul *Umwelt* betrachtet die Wechselwirkungen zwischen Mensch und Umwelt und vermittelt Antworten auf die Frage, welche Veränderungen der Mensch durch seinen Einfluss auf Luft, Wasser, Boden und damit auch auf die Geologie bewirkt. Das Modul beleuchtet die Rolle der Geothermie und stellt die Gewinnung und Nutzung erneuerbarer Energien in den Kontext natürlicher Stoffkreisläufe.

Aufbauend auf dem Modul *Energie und Georessourcen* sowie den bis zu diesem Zeitpunkt erlernten geowissenschaftlichen Kenntnissen, vermittelt das Modul *Umwelt* ein vertieftes Verständnis für umweltbewusstes Ressourcen-Management. Es ermöglicht die beginnende Spezialisierung des Studierenden auf ein Berufsbild im Bereich Rohstoffsicherung oder Energieversorgung.

Im Folgenden sind die einzelnen Qualifikations- und Kompetenzziele des Moduls spezifiziert:

- a) Die Studierenden lernen die geologisch-geochemische Sichtweise von Umweltproblemen kennen. Sie erweitern ihre Kompetenz und Auseinandersetzung in Bezug auf die Veränderung der Geosphären durch Eingriffe des Menschen. Probleme und Lösungsansätze bei der Kontamination von Boden, Wasser und Luft sowie beim Umgang mit der Nutzung von Ressourcen werden erkannt.
- b) Die Studierenden können die Problematik der Rohstoffverknappung sowie Prozesse der umweltbewussten Rohstoff- und Kreislaufwirtschaft nachvollziehen. Sie werden in die Lage versetzt, den Wert der Erneuerbaren Energien für den Klima- und den

Ressourcenschutz zu beschreiben. Sie kennen die verfügbaren Möglichkeiten zur Gewinnung erneuerbare Energien inklusive der daran gekoppelten Technologien.

- c) Die Studierenden können die Wechselwirkungen verschiedenster Stoffe und Prozesse analysieren und deren Einfluss auf globale Kreisläufe diskutieren.

Lehrinhalte des Moduls

- a) Es werden die wichtigsten Aufgabenfelder im Bereich der Umweltgeologie und -geochemie vorgestellt. Es folgen Betrachtungen zu Atmosphäre, Hydrosphäre, Pedosphäre sowie zu Sedimenten als Teil der Lithosphäre und zu deren Rolle innerhalb der Umweltgeologie. Der Fokus liegt dabei auf atmosphärisch relevanten Schadstoffen, Emissionsbelastungen, Abfallproblematik und Wasserqualität. Neben Faktenwissen vermittelt die Veranstaltung Fallbeispiele aus der geologischen Praxis.
- b) Die Reichweite fossiler Ressourcen ist begrenzt, gleichzeitig steigt der Energieverbrauch weltweit und somit der Bedarf an erneuerbaren Energien. In diesem Teil des Moduls werden zunächst die umweltgeologisch relevanten Aspekte der Wasser- und Rohstoffwirtschaft betrachtet. Die Veranstaltung gibt Einblick in den aktuellen Anwendungsstand und in die Potenziale der wichtigsten regenerativen Energieträger. Dabei wird auch das Arbeitsfeld der geothermischen Energiegewinnung näher beleuchtet.
- c) Das Verständnis globaler Kreisläufe, denen die verschiedensten Stoffe unterworfen sind, hat große Bedeutung. Viele Disziplinen der Natur- und Umweltwissenschaften basieren auf diesem Wissen. Meeresströmungen, Kohlendioxid und andere Gase beeinflussen das Klima. Chemische Verbindungen können auf verschiedenstem Wege an nahezu jeden Ort auf der Erde gelangen. Die Prozesse laufen chemisch, physikalisch, biologisch, atmosphärisch, vulkanisch und in der Erdkruste ab. Wechselwirkungen und Rückkopplungen haben weitergehende Auswirkungen.

Lehrformen (didaktische Umsetzung)

- a) Vorlesung mit begleitenden qualitativen und quantitativen Übungen
- b) Vorlesung und kursbegleitende Übungen
- c) Vorlesung mit dreidimensionalen Anschauungsmaterial, audio-visueller Präsentation, Laborbesuche von verschiedenen Röntgenanlagen und Möglichkeit zur Diskussion. Dazu begleitende Übung zur Vertiefung des Vorlesungsstoffes, Erarbeitung von theoretischen Übungsaufgaben als Hausaufgabe mit anschließender Gruppenbesprechung.

Studien- und Prüfungsleistungen

Studienleistungen:

- a) Teilnahme; Übungen

b) Teilnahme; Übungen

c) Teilnahme, Übungsaufgaben.

Prüfungsleistung:

Modulabschlussprüfung (Klausur über a), b) und c))

Empfohlene Teilnahmevoraussetzungen

a)–c) Grundvorlesungen und Übungen in den Geowissenschaften und Naturwissenschaften

Verwendung des Moduls

B.Sc. Geowissenschaften, Lehramt

Grundlagenliteratur

a) Andrews, J.E., Brimblecombe, P., Jickells, T.D., Liss, P.S. & Reid, B. (eds.) (2003) An Introduction to Environmental Chemistry. Wiley, New York, 318.

Hilberg, S. (ed.) (2015) Umweltgeologie – Eine Einführung in Grundlagen und Praxis. Springer, Berlin, 245.

Wright, J. (ed.) (2003): Environmental chemistry. Routledge, 419.

b) Bürke, T. & Wengenmayr, R. (eds.) (2010): Erneuerbare Energie: Alternative Energiekonzepte für die Zukunft. Wiley-VCH, Weinheim, 147.

Quaschnig, V. (2009): Erneuerbare Energien und Klimaschutz. Hanser, München, 339.

Bucher, K. & Stober, I. (2012): Geothermie. Springer, Heidelberg, 287.

c) Huch, M. (ed.) (2008) Umweltgeochemie in Wasser, Boden und Luft: Geogener Hintergrund und anthropogene Einflüsse. Springer, Berlin, 234.

Kump, L.R., Kasting, J.F. & Crane R.G. (2004): The Earth System. Pearson Prentice Hall, New Jersey, 420.

Spezifische Literatur zu aktuellen Forschungsthemen (Vortrag und Hausarbeit)

Skripte/Vorlesungsaufzeichnungen

<https://ilias.uni-freiburg.de/login.php>

bzw. wie in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

3.6 Materialwissenschaften

Dozierende

a) Dr. A. Danilewsky; N.N.

b) N.N.

c) PD Dr. M. Fiederle

Modulart	Workload	Credits 6 ECTS	Studiensemester	Turnus	Dauer
WP	180 h		a), b) 5. Sem. c) 6. Sem.	a), b) WS c) SS	2 Semester
Lehrveranstaltung			Kontaktzeit	Selbststudium	Gruppengröße
a) Kristallographisches Praktikum			a) 4 SWS / 60 h	a) 30 h	a) 16
b) Kristallzüchtung			b) 1 SWS / 15 h	b) 15 h	b) 15 - 25
c) Röntgenographische Untersuchungsmethoden			c) 2 SWS / 30 h	c) 30 h	c) 15

Qualifikationsziele/Kompetenzen

In den Lehrveranstaltungen *Kristallzüchtung* und *Röntgenographische Untersuchungsmethoden* werden die theoretischen Grundlagen vermittelt, welche im *kristallographischen Praktikum* angewandt werden.

In Bezug auf das Gesamtprofil des Studiengangs vermittelt das Modul *Materialwissenschaften* die notwendigen Kompetenzen für die Durchführung einer Bachelor-Arbeit im Bereich Materialwissenschaften oder Mineralanalytik, sowie für einen entsprechenden beruflichen Schwerpunkt im materialwissenschaftlichen Bereich. Das Modul sollte ferner gewählt werden, wenn beabsichtigt wird, sich für den konsekutiven Masterstudiengang *Crystalline Materials* zu bewerben.

- a) Die Studierenden sind in der Lage, Kristalle zu vermessen und hinsichtlich ihrer Symmetrieeigenschaften zu charakterisieren. Sie verstehen Strukturmodelle von Kristallen und bestimmen, unter welchen Bedingungen Kristallwachstum möglich ist. Sie kennen die Methoden der Analyse und können unter Anleitung eigene Strukturanalysen durchführen.
- b) Die Studierenden kennen die thermodynamischen Grundlagen des Kristallwachstums und sind in der Lage, Kristalle definierter Zusammensetzung aus Lösungen oder aus der Schmelze zu züchten. Sie kennen die gängigen Methoden der industriellen Kristallzüchtung.
- c) Nach erfolgreichem Abschluss des Teilmoduls sind die Studierenden befähigt, mit Hilfe verschiedener röntgenographischer Methoden Kristalle hinsichtlich ihrer atomaren

Struktur zu charakterisieren. Sie setzen die Einkristall- und Pulvermethode ein. Die Wechselwirkungen der Röntgenstrahlung mit dem Kristallgitter sind den Studierenden vertraut.

Lehrinhalte des Moduls

- a) Das Kristallographische Praktikum weist in die theoretischen Hintergründe der Kristallographie ein und veranschaulicht die innere Struktur (Kristallbau) und die Symmetrieverhältnisse im Kristall. Durch die Vermessung eines Kristalls anhand von Kristallflächen erhält man Rückschlüsse zu den Kristallsystemen, Kristallklassen und Achsenverhältnissen der Elementarzelle (kleinste strukturelle Einheit im Kristall). Durch das Studium des Baus eines Strukturmodells kann der Student sich den periodischen Aufbau der Kristallbausteine besser vorstellen. Der Kurs informiert weiterhin über die Methoden zur Bestimmung von Phasendiagrammen mit der Differentiellen Thermischen Analyse (DTA) und die Heitzschmikroskopie. Bei der Heitzschmikroskopie wird optisch kontrolliert wie sich mit Temperaturänderungen Stoffe umwandeln oder schmelzen. Genau gemessen werden diese Umwandlungs- und Schmelzpunkte mit der DTA. Sind bei Umwandlungen Massenänderungen beteiligt, können diese ebenfalls sehr genau mit der Thermowaage gemessen werden. Mit diesen Methoden werden die Stabilitätsbereiche der verschiedenen Phasen untersucht. Ein weiterer Programmpunkt ist die Methodik und Bedienung des Rasterelektronen-Mikroskops. Mit dieser Methode wird das untersuchte Material mit einem Elektronenstrahl abgetastet und es lassen sich dabei Strukturen im Nano-Bereich betrachten. Dabei beruht diese Meßmethode auf der Wechselwirkung des Elektronenstrahls mit der Materie. Die verschiedenen Signale werden beobachtet und auch Elementanalysen durchgeführt. Mit einem Versuch wird in die praktische Kristallzüchtung anhand des Czochralski-Verfahrens eingeführt.
- b) Für technische Anwendungen werden Kristalle definierter Zusammensetzung und von hoher Qualität benötigt, oftmals auch von Materialien, die in der Natur nicht vorkommen, wie z.B. Silizium, GaAs etc. Diese Kristalle müssen künstlich hergestellt werden. Nach einer Einführung in die thermodynamischen und kinetischen Grundlagen des Kristallwachstums werden die wichtigsten Verfahren der Kristallzüchtung aus der Schmelze, der Lösung und der Gasphase vorgestellt.
- c) In diesem Kurs wird die ganze Bandbreite der röntgenographischen Untersuchungsmethoden vorgestellt. Die verschiedenen Analysemethoden mit Röntgenstrahlen werden erläutert. Zu ihnen gehören beispielsweise die Einkristallmethode (Laue-Methode, Präzessionsverfahren) und die Pulvermethode, bei der jeweils ein Pulver oder ein Einkristall mit Röntgenstrahlen beschossen werden. Beide Methoden dienen der Entschlüsselung der Kristallstruktur und zur Elementanalyse. Die Entstehung von Röntgenreflexen durch Beugung wird besprochen, Spektren werden berechnet.

Lehrformen (didaktische Umsetzung)

- a) Praktikum in angeleiteten Kleingruppen mit 2-3 Studierenden an Geräten zur kristallographischen Analytik und Kristallzuchtung. Jeder Praktikumsversuch beinhaltet die Versuchseinführung durch die Betreuer/innen, die Versuchsdurchführung, Ergebnisauswertung und ein Versuchsprotokoll.
- b) Vorlesung mit Demonstrationsmaterial, audio-visueller Präsentation und anschließender Diskussion aller Beteiligten
- c) Vorlesung mit dreidimensionalen Anschauungsmaterial, audio-visueller Präsentation, Laborbesuche von verschiedenen Röntgenanlagen und Möglichkeit zur Diskussion. Dazu begleitende Übung zur Vertiefung des Vorlesungsstoffes, Erarbeitung von theoretischen Übungsaufgaben als Hausaufgabe mit anschließender Gruppenbesprechung.

Studien- und Prüfungsleistungen

Studienleistungen:

- a) Teilnahme;
- b) Teilnahme;
- c) Teilnahme, Übungsaufgaben.

Prüfungsleistungen:

Modulabschlussprüfung (Protokolle über a) und schriftlicher Klausurteil über c)) am Ende der Lehrveranstaltungen. Die Modulnote ergibt sich aus dem nach ECTS-Punkten gewichteten Mittel der Protokolle (3 ECTS) und des Klausurteils (2 ECTS).

Empfohlene Teilnahmevoraussetzungen

- a)–c) Module der Naturwissenschaftlichen Grundlagen, Bausteine der Erde: Exogene Geologie, Bausteine der Erde: Endogene Geologie

Verwendung des Moduls

B.Sc. Geowissenschaften, Lehramt

Grundlagenliteratur

- a) + b) Borhardt-Ott, W. (2002): Kristallographie. Springer, Berlin, 349.
Haussühl, S. (1993): Kristallgeometrie. Weinheim, 151.
Wilke, K.-T. & Bohm, J. (1988): Kristallzuchtung. Harri Deutsch, Thun/Frankfurt, 364.
- c) Kischner, H. (1990): Einführung in die Röntgenfeinstrukturanalyse. Vieweg, Braunschweig,

93.

Skripte/Vorlesungsaufzeichnungen

<https://ilias.uni-freiburg.de/login.php>

bzw. wie in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

4. Berufsfeldorientierte Kompetenzen (BOK)

4.1 Berufsfeldorientierte Kompetenzen I

Ab dem WS 2015/16 gilt die PO 2015, so dass die Gestaltung der Semester 1 - 3 bereits im Modulhandbuch zur PO 2015 beschrieben sind. Sofern Studierende aus PO 2012 noch Module der ersten drei Semestern absolvieren müssen, bitte an die Studiengangskoordinatorin Frau Wibke Kowalski wenden (wibke.kowalski@minpet.uni-freiburg).

4.2 Berufsfeldorientierte Kompetenzen II

Dozierende

- a) Die Dozierenden der Geowissenschaften (Koordination: Dr. H. Müller-Sigmund)
 b) Dr. H. Ulmer

Modulart	Workload	Credits	Studiensemester	Turnus	Dauer
a) P	180 h	3 ECTS	a) 5. Sem.	a) WS	2 Semester
b) P		3 ECTS	b) 6. Sem.	b) SS	
Lehrveranstaltung			Kontaktzeit	Selbststudium	Gruppengröße
a) Geowissenschaftliches Seminar II			a) 1,5 SWS / 22 h	a) 68 h	a) 25
b) GIS-Anwendungen in den Geowissenschaften			b) 3 SWS / 45 h	b) 45 h	b) 16

Qualifikationsziele/Kompetenzen

Im Kurs GIS-Anwendungen in den Geowissenschaften wird neben der praktischen Anwendung von Geoinformationssystemen am Computer auch gezeigt, welche Darstellungsmöglichkeiten GIS-Systeme im Hinblick auf die Erstellung von Berichten und Präsentationen bieten. Diese Möglichkeiten können im Seminar II bei den Präsentationen zusätzlich zu den in BOK I erworbenen Kompetenzen eingesetzt werden.

In Bezug auf das Gesamtprofil des Studiengangs vertieft das Modul die Kompetenzen im Umgang mit Medien und erweitert das Spektrum der zur Verfügung stehenden Präsentationsmittel. Insbesondere bei der Anfertigung der Bachelorarbeit und geologischer Kartierungen werden Geoinformationssysteme zunehmend eingesetzt.

Im Folgenden sind die einzelnen Qualifikations- und Kompetenzziele des Moduls spezifiziert:

- a) Die Studierenden recherchieren in Literaturdatenbanken zu vorgegebenen speziellen geowissenschaftlichen Themen. Sie bereiten komplexe Inhalte anschaulich auf und formulieren eine Kurzfassung (Abstract). Sie tragen ihre Ergebnisse in freier Rede vor und können in der anschließenden Diskussion ihre Argumente begründen.
- b) Die Studierenden können definieren, was ein Geoinformationssystem ist und leisten kann. Sie setzen ein GIS in praxisnahen Beispielen ein und setzen sich kritisch mit den Ergebnissen auseinander.

Lehrinhalte des Moduls

- a) Ausarbeiten eines Vortrags zu einem geowissenschaftlichen Thema mit schriftlicher Kurzfassung (Abstract), aktive Teilnahme an allen Vorträgen des Seminars.
- b) Mit Hilfe von Geoinformationssystemen (GIS) kann eine Vielzahl von raumbezogenen

Daten erfasst, verwaltet und analysiert werden. In vielen Arbeitsbereichen wird die raumbezogene Analyse von Daten routinemäßig eingesetzt (z.B. Rohstoffexploration, Erstellung von Flächennutzungsplänen). Der Kurs fördert das allgemeine Verständnis von GIS-Systemen und verdeutlicht die Einsatzmöglichkeiten.

Lehrformen (didaktische Umsetzung)

- a) wissenschaftliches Seminar mit max. 25 Teilnehmenden, Aufbereitung und Präsentation von wissenschaftlichen Ergebnissen mit anschließender Diskussion, Feedback-Training
 - b) praktische Übungen am Computer, Advanced Organizer, Hilfe zur Selbsthilfe
-

Studien- und Prüfungsleistungen

Studienleistungen:

- a) Teilnahme, Vortrag + Abstract;
- b) Teilnahme, Übungsaufgaben

Prüfungsleistungen:

keine

Empfohlene Teilnahmevoraussetzungen

- a) Geowissenschaftliches Seminar I. Grundlegende Kenntnisse in dem gewählten Gebiet
 - b) Berufsfeldorientierte Kompetenzen I: EDV-Methoden in den Geowissenschaften
-

Verwendung des Moduls

B.Sc. Geowissenschaften

Grundlagenliteratur

- a) keine
 - b) Clemmer, G. (2010): The GIS 20: essential skills. ESRI Press, New York, 140.
-

Skripte/Vorlesungsaufzeichnungen

<https://ilias.uni-freiburg.de/login.php>

bzw. wie in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.

4.3 Externe Berufsfeldorientierte Kompetenzen

Dozierende

Verschiedene Dozenten (ZfS)

Modulart	Workload	Credits	Studiensemester	Turnus	Dauer
WP	240 h	8 ECTS	3., 4., 5. und 6. Sem.	siehe ZfS	4 Semester
Lehrveranstaltung BOK-Lehrveranstaltungen aus dem Angebot des Zentrums für Schlüsselqualifikationen (ZfS)			Kontaktzeit siehe ZfS (z.B. 120 h)	Selbststudium siehe ZfS (z.B. 120 h)	Gruppengröße siehe ZfS

Qualifikationsziele/Kompetenzen

In Bezug auf das Gesamtprofil des Studiengangs können in diesem Modul je nach persönlichen beruflichen Wünschen und Zielen individuelle Kompetenzen erworben werden. Durch Auswahl spezifischer Kurse können eigene Stärken ausgebaut oder Schwächen gezielt abgebaut werden.

Lehrinhalte des Moduls

Verschiedene Lehrinhalte (aus über 200 Veranstaltungen) aus den Bereichen: Management, Kommunikation, Medien, EDV, Fremdsprachen. Einblick in verschiedene Berufsfelder ist möglich. Die zur Verfügung stehenden Lehrveranstaltungen können unter <http://www.zfs.uni-freiburg.de/bok-veranstaltungen> abgerufen werden.

Lehrformen (didaktische Umsetzung)

Verschieden (s. ZfS)

Studien- und Prüfungsleistungen

Studienleistungen: verschieden (s. ZfS)

Prüfungsleistungen: keine

Empfohlene Teilnahmevoraussetzungen

Bei Vertiefung von Fremdsprachen: Einstufungstest.

Verwendung des Moduls

B.Sc. Geowissenschaften und die meisten anderen Freiburger Bachelorstudiengänge

Grundlagenliteratur

Keine

Skripte/Vorlesungsaufzeichnungen

<https://ilias.uni-freiburg.de/login.php>

bzw. wie in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.
