



LUDWIG-
MAXIMILIANS-
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN



Modulhandbuch

**Gemeinsamer Master-Studiengang
Geomaterialien und Geochemie
der Ludwig-Maximilians-Universität München
und der Technischen Universität München**

(120 ECTS-Punkte)

Auf Basis der Prüfungs- und Studienordnung vom 30. Oktober 2007

88/066/---/M0/H/2007

Stand: 15.12.2014

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen und Erklärungen	3
Modul: P 1 Grundlagen Petrologie & Geochemie	4
Modul: P 2 Grundlagen Materialwissenschaften	7
Modul: P 3 Grundlagen Analytische Methoden	11
Modul: WP 4 Petrologie / Vulkanologie	14
Modul: WP 5 Geochemie	17
Modul: WP 6 Kristallphysik	20
Modul: WP 7 Biogene Geomaterialien	23
Modul: WP 8 Grenzflächen und Nanostrukturen	26
Modul: WP 9 Mikroskopische Methoden	29
Modul: WP 10 Vernetzung	33
Modul: Labor- oder Geländepraktikum	34
Modul: Seminarvortrag und Masterarbeit	36

Abkürzungen und Erklärungen

CP	Credit Points, ECTS-Punkte
ECTS	European Credit Transfer and Accumulation System
h	Stunden
SS	Sommersemester
SWS	Semesterwochenstunden
WS	Wintersemester

1. Die Beschreibung der zugeordneten Modulteile erfolgt hinsichtlich der jeweiligen Angaben zu ECTS-Punkten folgendem Schema: Nicht eingeklammerte ECTS-Punkte werden mit Bestehen der zugehörigen Modulprüfung oder Modulteilprüfung vergeben. Eingeklammerte ECTS-Punkte dienen lediglich der rechnerischen Zuordnung.

2. Bei den Angaben zum Zeitpunkt im Studienverlauf kann es sich in Abhängigkeit von den Angaben der Anlage 2 der Prüfungs- und Studienordnung um feststehende Regelungen oder um bloße Empfehlungen handeln. Im Modulhandbuch wird dies durch die Begriffe "Regelsemester" und "Empfohlenes Semester" kenntlich gemacht.

3. Bitte beachten Sie: Das Modulhandbuch dient einer Orientierung für Ihren Studienverlauf. Für verbindliche Regelungen konsultieren Sie bitte ausschließlich die Prüfungs- und Studienordnung in ihrer jeweils geltenden Fassung. Diese finden Sie auf www.lmu.de/studienangebot unter Ihrem jeweiligen Studiengang.

Modul: P 1 Grundlagen Petrologie & Geochemie

Zuordnung zum Studiengang

Masterstudiengang: Geomaterialien & Geochemie (Master of Science, M.Sc.)

Zugeordnete Modulteile

Lehrform	Veranstaltung (Pflicht)	Turnus	Präsenzzeit	Selbststudium	ECTS
Vorlesung	P1.1.1 Physik & Chemie der Schmelzen (Vorlesung)	WS	30 h (2 SWS)	45 h	(2,5)
Übung	P 1.1.2 Physik & Chemie der Schmelzen (Übung)	WS	15 h (2 SWS)	15 h	(1)
Vorlesung	P 1.2.1 Petrologie (Vorlesung)	WS	45 h (3 SWS)	75 h	(4)
Übung	P 1.2.2 Petrologie (Übung)	WS	15 h (1 SWS)	15 h	(1)
Vorlesung	P 1.3.1 Globale Geochemische Zyklen (Vorlesung)	SS	30 h (2 SWS)	45 h	(2,5)
Vorlesung	P 1.4.1 Petrophysik: Deformation & Strukturen (Vorlesung)	SS	30 h (2 SWS)	45 h	(2,5)
Übung	P 1.4.2 Petrophysik: Deformation & Strukturen (Übung)	SS	15 h (1 SWS)	15 h	(1)
Vorlesung	P 1.5.1 Berechnung thermodynamischer Gleichgewichte (Vorlesung)	WS	30 h (2 SWS)	45 h	(2,5)
Übung	P 1.5.2 Berechnung thermodynamischer Gleichgewichte (Übung)	WS	15 h (1 SWS)	15 h	(1)

Im Modul müssen insgesamt 18 ECTS-Punkte erworben werden. Die Präsenzzeit beträgt 16 Semesterwochenstunden. Inklusive Selbststudium sind etwa 540 Stunden aufzuwenden.

Art des Moduls	Pflichtmodul mit Pflichtveranstaltungen.
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	P1.1.1, P1.1.2, P1.2.1 und P1.2.2 auch für den Masterstudiengang Geophysics; P1.1-P1.5 auch für den Masterstudiengang Geology
Wahlpflichtregelungen	keine
Teilnahmevoraussetzungen	keine
Zeitpunkt im Studienverlauf	Regelsemester: 1, 2. und 3. Semester
Dauer	Das Modul erstreckt sich über 3 Semester.
Inhalte	<p>P 1.1.1 Vorlesung Physik & Chemie der Schmelzen Diese Veranstaltung vermittelt den Studierenden vertiefte Kenntnisse in der Rheologie und Thermodynamik von Gläsern, Flüssigkeiten und Magmen (Glasübergang) und behandelt geologisch bedeutsame physikalische Eigenschaften wie z.B. Dichte, Viskosität und Wärmekapazität. Weitere Themen sind die Messung solcher Parameter, der Einfluss von Druck, Temperatur und Materialzusammensetzung (insbesondere flüchtige Anteile) auf die physikalischen Eigenschaften und die thermodynamischen Grundlagen, auf denen aktuelle Modelle zu ihrer Beschreibung beruhen. Hauptlernziele sind ein vertieftes Wissen und Verständnis der genannten Themen und Methoden sowie die Fähigkeit, sie zu</p>

benutzen und anzuwenden.

P 1.1.2 Übung Physik & Chemie der Schmelzen

Die Veranstaltung vertieft die Inhalte der zugehörigen Vorlesung und dient der Einübung der dort vorgestellten Techniken.

P 1.2.1 Vorlesung Petrologie

Dieser Kurs behandelt die petrologischen Prozesse des Planeten Erde und vermittelt den Studierenden ein Verständnis über Ursprung und Entwicklung magmatischer und metamorpher Gesteine in Raum und Zeit. Themengebiete sind: Protoplaneten und Chondriten, Differenzierung der Erde, Druck- und Temperaturgradienten in der Erdkruste und dem Erdinneren. Einführung in experimentelle Techniken.

Schwerpunkte sind: Entstehung, Veränderungen und Entwicklung von Magmen in verschiedenen tektonischen Umgebungen im Laufe der Erdgeschichte; metamorphe Prozesse in der Erdkruste für unterschiedliche Ausgangszusammensetzungen unter Berücksichtigung von Druck-Temperatur-Zeit-Pfad (PTt-paths). Ziel ist es, dass sich die Studierenden vertiefte Kenntnisse des Stoffes aneignen und in der Lage sind, entsprechende Vorgänge zu beschreiben, zu verstehen und zu interpretieren.

P 1.2.2 Übung Petrologie

Die Veranstaltung vertieft die Inhalte der zugehörigen Vorlesung und dient der Einübung der dort vorgestellten Techniken.

P 1.3.1 Vorlesung globale geochemische Zyklen

Seit etwa 4.5 Ga wird die Erde durch Schmelzprozesse chemisch verändert. Es kam zur Bildung geochemischer Domänen wie Atmosphäre, Hydrosphäre, silicatische Erde und metallischem Kern. Mantelkonvektion produziert Plumebasalte, Plattentektonik eine kurzlebige basaltische ozeanische Kruste und Plattensubduktion langlebige Kontinente mit granitischer Kruste. Während Mantelkonvektion den Erdmantel chemisch homogenisiert, produzieren Metasomatose, Subduktion von Krustenmaterial und Delamination von Lithosphäre chemische Heterogenitäten. In der Vorlesung wird die chemische Differenzierung und Entwicklung der Erde mit Hilfe von Spurenelementen und Isotopendaten erklärt. Anhand geochemischer Daten von Ozeanrücken- und Ozeaninselbasalten wird der Stand des Wissens über den oberen bzw. unteren Erdmantel und die geochemisch/geologischen Prozesse vorgestellt. Hinweise auf "Recycling" von ozeanischer Kruste und kontinentalem Detritus werden aufgezeigt. Weiterhin werden aktuelle Entwicklungsmodelle für die geochemischen Reservoirs vorgestellt.

P 1.4.1 Vorlesung Petrophysik: Deformation und Strukturen

Mikrogefüge von deformierten, metamorphen Gesteinen ermöglichen die Analyse von Prozessen auf Kornmaßstab, die in der Lithosphäre ablaufen und die mit anderen Methoden so nicht auflösbar sind. Diese Veranstaltung soll den Studierenden ermöglichen den mikrostrukturellen Record zu lesen und daraus die Deformationsbedingungen zu extrahieren um a) Rückschlüsse auf die geodynamischen Prozesse zu ziehen und b) um Erkenntnisse zur Rheologie von Geomaterialien und der Spannungsgeschichte in der Lithosphäre zu erlangen. Die Veranstaltung besteht aus einer Vorlesung, in der die theoretischen Grundlagen (Deformationsmechanismen, Fließgesetze, Erholung und

Rekristallisation, Deformationsexperiment) vermittelt werden und aus einer praktischen Mikroskopierübung, in der die Deformationsstrukturen unterschiedlicher Gesteine im Hinblick auf Deformationsmechanismen und Deformationsbedingungen mikroskopiert werden.

P 1.4.2 Übung Petrophysik: Deformation und Strukturen

Die Veranstaltung vertieft die Inhalte der zugehörigen Vorlesung und dient der Einübung der dort vorgestellten Techniken.

P 1.5.1 Vorlesung Berechnung thermodynamischer Gleichgewichte

Der Kurs beinhaltet die thermodynamische Berechnung univarianter Kurven im P-T-Feld von homogenen und heterogenen Gleichgewichten petrologisch bedeutsamer Phasen unter den Bedingungen von Erdkruste und -mantel. Der Kurs vermittelt den Studierenden die Druck- und Temperaturabhängigkeiten der freien Gibbs'schen Enthalpien von Festkörpern und Gasen und erlaubt ihnen, Gleichgewichtskonstanten für Dehydratations- und Dekarbonatisierungsreaktionen zu berechnen.

P 1.5.2 Übung Berechnung thermodynamischer Gleichgewichte

Die Veranstaltung vertieft die Inhalte der zugehörigen Vorlesung und dient der Einübung der dort vorgestellten Techniken

Qualifikationsziele	Nach erfolgreicher Teilnahme beherrschen die Studierenden die geochemischen, physikalischen und thermodynamischen Grundlagen der Petrologie und wenden sie auf die Mineral-, Gesteins- und Magmagenese an.
Form der Modulprüfung	Moduleilprüfungen als schriftliche Klausur: Vorlesung und Übung Physik & Chemie der Schmelzen (60. Min), Vorlesung und Übung Petrologie (90. Min), Vorlesung und Übung Globale geochemische Zyklen (60. Min), Vorlesung und Übung Petrophysik: Deformation & Strukturen (60. Min), Vorlesung und Übung Berechnung thermodynamischer Gleichgewichte (60. Min). Form und Umfang der Moduleilprüfungen werden den Studierenden am Semesterbeginn bekannt gegeben.
Art der Bewertung	Das Modul ist benotet.
Voraussetzung für die Vergabe von ECTS-Punkten	Die ECTS-Punkte werden vergeben bei Bestehen der dem Modul zugeordneten Modulprüfung (bzw. der zugeordneten Pflicht- und ggf. Wahlpflichtprüfungsteile).
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. D.B. Dingwell
Unterrichtssprache(n)	Deutsch und/ oder Englisch
Sonstige Informationen	Literaturhinweise für die einzelnen Veranstaltungen werden den Studierenden zu Beginn des jeweiligen Semesters gegeben.

Modul: P 2 Grundlagen Materialwissenschaften

Zuordnung zum Studiengang

Masterstudiengang: Geomaterialien & Geochemie (Master of Science, M.Sc.)

Zugeordnete Modulteile

Lehrform	Veranstaltung (Pflicht)	Turnus	Präsenzzeit	Selbststudium	ECTS
Vorlesung	P 2.1.1 Strukturen (nicht-kristalliner Materialien (Vorlesung)	WS	15 h (1 SWS)	30 h	(1,5)
Vorlesung	P 2.2.1 Materialwissenschaften 1 (Vorlesung)	WS	45 h (3 SWS)	60 h	(3,5)
Übung	P 2.2.2 Materialwissenschaften 1 (Übung)	WS	15 h (1 SWS)	30 h	(1,5)
Vorlesung	P 2.3.1 Glas – Keramik - Baustoffe (Vorlesung)	SS	30 h (2 SWS)	30h	(2)
Übung	P 2.3.2 Glas – Keramik - Baustoffe (Übung)	SS	30 h (2 SWS)	15 h	(1,5)
Vorlesung	P 2.4.1 Materialwissenschaften 2 (Vorlesung)	SS	45 h (3 SWS)	60 h	(3,5)
Übung	P 2.4.2 Materialwissenschaften 2 (Übung)	SS	15 h (1 SWS)	30 h	(1,5)
Vorlesung	P 2.5.1 Materialsynthese & Prozesse (Vorlesung)	WS	30 h (2 SWS)	60h	(3)
Übung	P 2.5.2 Materialsynthese & Prozesse (Übung)	WS	30 h (2 SWS)	30 h	(2)

Im Modul müssen insgesamt 20 ECTS-Punkte erworben werden. Die Präsenzzeit beträgt 17 Semesterwochenstunden. Inklusive Selbststudium sind etwa 600 Stunden aufzuwenden.

Art des Moduls	Pflichtmodul mit Pflichtveranstaltungen.
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	P2.2.1, P2.2.2, P2.4.1 und P2.4.2 auch für den Masterstudiengang Physik und den Masterstudiengang Chemie
Wahlpflichtregelungen	keine
Teilnahmevoraussetzungen	keine
Zeitpunkt im Studienverlauf	Regelsemester: 1., 2. und 3. Semester
Dauer	Das Modul erstreckt sich über 3 Semester.
Inhalte	<p>P 2.1.1 Vorlesung Strukturen kristalliner & nichtkristalliner Materialien</p> <p>Da das Fach „Geomaterialien und Geochemie“ ganz wesentlich auf den Zusammenhang von Struktur und Eigenschaften von Festkörpern abzielt, wird in dieser Vorlesung die Palette solcher Korrelationen durch die Besprechung von Lehrbeispielen ergänzt, die in den anderen Veranstaltungen des Studiengangs nicht erwähnt werden. Systematische Lehrinhalte sind kristallchemische Konzepte der Strukturbildung. Lernziele sind ein breiter Überblick über die atomistisch-molekulare Struktur von Stoffen und das Verständnis systematische Konzepte zur Erklärung dieser Vielfalt. Diese Ziele dienen der Befähigung zu wissenschaftlichem Arbeiten auf dem Gebiet der Kristallographie.</p>

P 2.2.1 Vorlesung Materialwissenschaften 1

Die Materialwissenschaft 1 ist als Ringvorlesung mit DozentInnen und Dozenten der Fakultät für Geowissenschaften, der Fakultät für Physik und der Fakultät für Chemie und Pharmazie gestaltet. Sie vermittelt den Studierenden vertiefende systematische Kenntnisse zu Materialeigenschaften (mechanisch, magnetisch, elektronisch, dielektrisch, elektrochemisch, thermisch) und ihren Optimierungsmöglichkeiten im Zusammenhang mit chemischer Zusammensetzung und Strukturen über alle Längenskalen, d.h. von molekularer Struktur über Oberflächen-, Dünnschicht- und Nanostrukturen bis zu Gesteinsgefügen bzw. Werkstoff-Verbänden. Das Programm wird ergänzt durch die Diskussion von Phasendiagrammen und die Darstellung von Methoden zur Materialstrukturanalyse (Lichtmikroskopie, Raster-Scanning-Methoden, Elektronenmikroskopie, Oberflächen- und Porositätsanalyse, Diffraktion).

Hauptlernziel ist das Verständnis dieser Zusammenhänge als Beitrag zur Befähigung zur wissenschaftlichen Tätigkeit und zur Aufnahme einer qualifizierten Erwerbstätigkeit im Bereich Materialwissenschaften.

P 2.2.2 Übung Materialwissenschaften 1

Die Studierenden sollen in drei zweitägigen praktischen Versuchen mit verschiedenen Dozenten lernen, mit unterschiedlicher Methodik an reale Probleme der Materialwissenschaft heranzugehen.

P 2.3.1 Vorlesung Glas – Keramik – Baustoffe

Diese Veranstaltung vermittelt den Studierenden vertiefte Kenntnisse auf dem Gebiet der klassischen Angewandten Mineralogie. Die Lehrveranstaltung beinhaltet den aktuellen Stand auf dem Gebiet der Glasforschung sowie der Herstellungsprozesse technischer Gläser, auf dem breiten Gebiet der technischen Keramik sowie ihrer typischer Herstellungstechnologien, und vertiefte Kenntnisse auf dem Gebiet der Baustoffmineralogie. Gemeinsamer Anknüpfungspunkt für diese technisch wichtigen Gruppen anorganisch nichtmetallischer Materialien ist ein thermodynamisch-festkörperphysikalischer Zugang, der sich darauf konzentriert, Prozesse verständlich zu machen, statt einen kompletten Überblick über Herstellungstechnologien zu geben, wie sie in ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen vermittelt werden. Das breite Spektrum behandelte keramischer Materialien geht von der Silikatkeramik über oxidische und nichtoxidische Keramiken, die Grundlage für Struktur- und Funktionskeramiken sind. Es ist das Ziel der Lehrveranstaltung, aufgrund vertiefter Kenntnisse über historische und moderne Herstellungsprozesse von Gläsern, keramischen und Baumaterialien die Fertigkeit zu entwickeln, bestehende Herstellungstechnologien weiterzuentwickeln und neue Ansätze auf dem Gebiet der Herstellung von technischen Gläsern und Keramiken zu verstehen sowie zu optimieren.

P 2.3.2 Übung Glas – Keramik – Baustoffe

Inhalt der Lehrveranstaltung ist die Vertiefung der in der Vorlesung präsentierten Inhalte am speziellen Beispiel von einzelnen Materialgruppen sowie die detaillierte Darstellung einzelner technologischer Ansätze. Das in den Übungen

angestrebte Ziel ist, die Kompetenz der Studierenden zu entwickeln, auf Basis der Analyse von Materialeigenschaften und des Spektrums der zur Verfügung stehenden Basistechnologien begründete Entscheidungen über die optimale Variante zur Herstellung neuer technischer Gläser und Keramiken mit wohldefinierten Eigenschaften zu entwickeln und zu begründen.

P 2.4.1 Vorlesung Materialwissenschaften 2

Die Materialwissenschaft 2 ist als Ringvorlesung mit DozentInnen und Dozenten der Fakultät für Geowissenschaften, der Fakultät für Physik und der Fakultät für Chemie und Pharmazie gestaltet. Sie vermittelt den Studierenden vertiefende Kenntnisse zu aktuellen Entwicklungen bei ausgewählten Materialklassen (z.B. Metallische Werkstoffe, keramische Werkstoffe, Halbleiter, Photovoltaik, Spintronics, Batteriematerialien, Gläser, Polymere, Beschichtungen und Dünne Filme, Poröse Materialien). Damit werden auch politische aktuelle Themen wie die Energiekonversion angesprochen.

Hauptlernziele sind die Kenntnis aktueller Forschung und Entwicklung in der Materialwissenschaft als Beitrag zur Befähigung zur wissenschaftlichen Tätigkeit und zur Aufnahme einer qualifizierten Erwerbstätigkeit in diesem Bereich. Die Behandlung aktueller Themen mit politischer Dimension trägt auch zur intellektuellen Persönlichkeitsentwicklung bei und animiert zu zivilgesellschaftlichem Engagement.

P 2.4.2 Übung Materialwissenschaften 2

Weitere drei Praktika, wie sie in Übung Materialwissenschaft 1 beschrieben sind.

P 2.5.1 Vorlesung Materialsynthese und Prozesse

Diese Veranstaltung vermittelt den Studierenden vertiefte Kenntnisse auf dem Gebiet der Synthese kristalliner Materialien und technischer Prozesse zu ihrer einkristallinen Darstellung. Die Lehrveranstaltung beinhaltet den gegenwärtigen Kenntnisstand über Theorien der Phasentstehung und des Kristallwachstums und diskutiert die Konsequenzen bzgl. verschiedener Wachstumsmoden basierend auf strukturellen Eigenschaften fester Materie. Das breite Spektrum moderner Materialsynthesen von Einkristallen wird einem thermodynamischen Ansatz folgend nach Phasenübergängen gegliedert dargestellt. Historische Denkansätze sowie moderne Modellbildungen werden kritisch analysiert, um die Studierenden zu befähigen, aufgrund ihrer Kenntnisse auf den Gebieten der Thermodynamik und Kristallographie selbständige Beurteilungen über Vor- und Nachteile von Synthesestrategien vorzunehmen. Es ist das Ziel der Lehrveranstaltung, aufgrund vertiefter Kenntnisse über bestehende Synthesekonzepte die Fertigkeit zu entwickeln, Synthesekonzepte weiterzuentwickeln, um im Prozess der Materialsynthese definierte Kristalleigenschaften hervorzubringen.

P 2.5.2 Übung Materialsynthese und Prozesse

Inhalt der Lehrveranstaltung ist die Vertiefung der in der Vorlesung präsentierten Inhalte am speziellen Beispiel von einzelnen Materialgruppen (Halbleiter, Metalle, Oxide etc.) sowie die detaillierte Darstellung einzelner Methoden der Materialsynthese. Das in den Übungen angestrebte Ziel ist, die

	Kompetenz der Studierenden zu entwickeln, auf Basis der Analyse von Materialeigenschaften und des Spektrums der zur Verfügung stehenden Synthesevarianten begründete Entscheidungen über die optimale Synthesestrategie für neue Materialien zu entwickeln und zu begründen.
Qualifikationsziele	Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, ihre Kenntnisse über die chemischen und physikalischen Grundlagen von Festkörpern auf technologisch wichtige Materialien anzuwenden. Durch die Teilnahme an den Vorlesungen und Übungen erlangen sie vertiefte Einblicke in moderne Materialien und Probleme ihrer Herstellung.
Form der Modulprüfung	Modulteilprüfungen als schriftliche Klausur: Vorlesung Strukturen kristalliner und nichtkristalliner Materialien (60. Min), Vorlesung und Übung Materialwissenschaften 1 (90. Min), Vorlesung und Übung Glas – Keramik – Baustoffe (90. Min), Vorlesung und Übung Materialwissenschaften 2 (90. Min), Vorlesung und Übung Materialsynthese und Prozesse (90. Min). Form und Umfang der Modulteilprüfungen werden den Studierenden am Semesterbeginn bekannt gegeben.
Art der Bewertung	Das Modul ist benotet.
Voraussetzung für die Vergabe von ECTS-Punkten	Die ECTS-Punkte werden vergeben bei Bestehen der dem Modul zugeordneten Modulprüfung (bzw. der zugeordneten Pflicht- und ggf. Wahlpflichtprüfungsteile).
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Gille
Unterrichtssprache(n)	Deutsch und/oder Englisch
Sonstige Informationen	Literaturhinweise für die einzelnen Veranstaltungen werden den Studierenden zu Beginn des jeweiligen Semesters gegeben.

Modul: P 3 Grundlagen Analytische Methoden

Zuordnung zum Studiengang

Masterstudiengang: Geomaterialien & Geochemie (Master of Science, M.Sc.)

Zugeordnete Modulteile

Lehrform	Veranstaltung (Pflicht)	Turnus	Präsenzzeit	Selbststudium	ECTS
Vorlesung	P 3.1.1 Methoden der Strukturforschung (Vorlesung)	WS	30 h (2 SWS)	30 h	(2)
Übung	P 3.1.2 Methoden der Strukturforschung (Übung)	WS	15 h (1 SWS)	30 h	(1,5)
Übung	P 3.2.1 Praktikum Pulverdiffraktion (Übung)	WS	30 h (2 SWS)	45 h	(2,5)
Vorlesung	P 3.3.1 Hochauflösende mikroskopische Methoden (Vorlesung)	SS	30 h (2 SWS)	30 h	(2)
Übung	P 3.3.2 Hochauflösende mikroskopische Methoden (Übung)	SS	15 h (1 SWS)	30 h	(1,5)
Vorlesung	P 3.4.1 Geochemische Analytik (Vorlesung)	SS	30 h (2 SWS)	45 h	(2,5)
Vorlesung	P 3.5.1 Spektroskopische Grundlagen (Vorlesung)	WS	30 h (2 SWS)	45 h	(2,5)

Im Modul müssen insgesamt 12 ECTS-Punkte erworben werden. Wahlmöglichkeit: vier von fünf Veranstaltungen. Die Präsenzzeit beträgt 10 Semesterwochenstunden. Inklusive Selbststudium sind etwa 360 Stunden aufzuwenden.

Art des Moduls

Pflichtmodul mit Pflichtveranstaltungen.

Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen

WP3.3 und WP3.4 auch für den Masterstudiengang Geology

Wahlpflichtregelungen

vier von fünf Veranstaltungen (inkl. Übung, insgesamt 12 ECTS)

Teilnahmevoraussetzungen

keine

Zeitpunkt im Studienverlauf

Regelsemester: 1., 2. und 3. Semester

Dauer

Das Modul erstreckt sich über 3 Semester.

Inhalte

P 3.1.1 Vorlesung Methoden der Strukturforschung

In dieser Veranstaltung erlernen die Studierenden die Beugungstheorie und analytische Methoden, um die atomare Anordnung (Struktur) zu lösen und zu verfeinern. Dafür werden mathematische und physikalische Grundlagen der Beugung an kristallinen Gittern, der Beugungsverfahren, sowie der Datenreduktion in einer systematischen Folge behandelt. Weitere wichtige Themen sind die Patterson-Synthese und Direktmethode sowie die Methode der kleinsten Quadrate, um die Struktur aufzuklären bzw. zu verfeinern.

P 3.1.2 Übung Methoden der Strukturforschung

Die Studierenden wenden die Inhalte der Vorlesung an, um thematisch unterschiedliche Aufgaben zu lösen. Der wichtigste Teil dieser Veranstaltung besteht aus einer Reihe von praktischen Übungen, wie z.B. Dichtebestimmung, Präparation und Datensammlung am Einkristall-Diffraktometer. Anschließend

werden eigene Beugungs-daten korrigiert und analysiert. Daraus resultierende Strukturmodelle werden in Bezug auf Kristallchemie und -physik diskutiert und protokolliert.

P 3.2.1 Praktikum: Pulverdiffraktion

Diese Veranstaltung vermittelt die theoretischen Grundlagen zur Strukturverfeinerung mit Pulverbeugungs-daten, insbesondere mit der Rietveld-Methode. Weitere Themen sind die Messtechnik und Geometrie verschiedener Pulverdiffraktometer (z.B. Debye-Scherrer, Bragg-Brantano und Guinier). Die Studierenden messen verschiedene Pulverproben an drei Diffraktometern, die mit verschiedenen Strahlquellen und Geometrien ausgerüstet sind. Für qualitative und quantitative Auswertungen der erhaltenen Daten werden diverse Softwarepakete vorgestellt und angewendet. Die Studierenden vertiefen mit der Rietveld-Methode eine hoch zuverlässige, quantitative Phasen-Analyse.

P 3.3.1 Vorlesung Hochauflösende mikroskopische Methoden

Diese Veranstaltung vermittelt den Studierenden einen Überblick über eine Vielzahl von mikroskopischen Methoden, die zur Materialcharakterisierung eingesetzt werden. Dabei werden vertiefende Kenntnisse theoretischer und praktischer Natur zur optischen Lichtmikroskopie, Ramanspektroskopie, Röntgentomo- und topographie, Rasterkraft- und Rastertunnelmikroskopie und der Elektronenmikroskopie (REM und TEM) vermittelt.

P 3.3.2 Übung Hochauflösende mikroskopische Methoden

Die Veranstaltung bietet eine Einführung in praktisches Arbeiten an verschiedenen Geräten, welche in der Vorlesung (siehe oben) behandelt werden.

P 3.4.1 Vorlesung Geochemische Analytik

Diese Vorlesung spannt einen Bogen von der klassischen nasschemischen Analytik des Trennungsganges hin zu modernen analytischen Methoden und ihren Anwendungen in der Geochemie. Obwohl klassische nasschemische Techniken nur mehr selten angewendet werden, stellt ihre Durchführung eine wichtige Basis für einfache Tests von Probenmaterial im Felde dar. Im Labor erlauben sie eine quantitative Analyse jedes nur denkbaren Probenmaterials mit überlegener Präzision und benötigen als Absolutmethode keinen externen Standard. So stellt die Fe^{2+} -Analyse mittels Dichromatometrie nach wie vor eine der Standardmethoden zur Bestimmung des Fe(II)-Fe(III)-Verhältnisses dar, die erst in Kombination mit modernen Elektronenstrahl-Mikrosondenmessungen ein präzises Bild des Oxidations-zustandes der vorliegenden Probe ergibt. Moderne instrumentell-analytische Methoden wie Atom-, Molekül-, und Fluoreszenzspektroskopie bis hin zur Massenspektrometrie zeigen die Möglichkeiten und Limitationen moderner analytischer Arbeit.

P 3.5.1 Vorlesung Spektroskopische Grundlagen

Moderne instrumentell analytische Verfahren stehen im Mittelpunkt jeder täglichen analytischen Tätigkeit. Voraussetzungen für eine erfolgreiche Anwendung dieser Methoden stellt das grundsätzliche Verständnis der Atom- bzw. Molekülphysik, die chemisch-physikalischen Wechselwirkungen zwischen elektromagnetischer Strahlung und Materie sowie die Messprozesse und Bedingungen innerhalb des verwendeten

	Messsystems dar. Die Vorlesung zielt auf die Vermittlung dieser Kenntnisse und den kritischen Umgang mit den Möglichkeiten und Komplikationen während des Messprozesses. Der Inhalt der Vorlesung vermittelt zuerst Grundsätze des Atom- und Molekülaufbaus, beschreibt die grundsätzlichen Gesetzmäßigkeiten und bespricht danach detailliert AAS/AES, IR/Raman, Röntgenfluoreszenz, NMR, und eine Reihe weiterer spektroskopischer Methoden (Impedanzspektroskopie).
Qualifikationsziele	Die Studierenden erlangen in diesem Modul vertiefte Kenntnisse der physikalischen Grundlagen der Festkörperanalyse wenden sie auf technologisch wichtige synthetische und Geo-Materialien an.
Form der Modulprüfung	Modulteilprüfungen als schriftliche Klausur: Vorlesung und Übung Methoden der Strukturforschung (90. Min), Übung Praktikum: Pulverdiffraktion (60. Min), Vorlesung und Übung Hochauflösende mikroskopische Methoden (90. Min), Vorlesung Geochemische Analytik (60. Min), Vorlesung Spektroskopische Grundlagen (60. Min). Form und Umfang der Modulteilprüfungen werden den Studierenden am Semesterbeginn bekannt gegeben.
Art der Bewertung	Das Modul ist benotet.
Voraussetzung für die Vergabe von ECTS-Punkten	Die ECTS-Punkte werden vergeben bei Bestehen der dem Modul zugeordneten Modulprüfung (bzw. der zugeordneten Pflicht- und ggf. Wahlpflichtprüfungsteile).
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. W. Schmahl
Unterrichtssprache(n)	Deutsch und/oder Englisch
Sonstige Informationen	Literaturhinweise für die einzelnen Veranstaltungen werden den Studierenden zu Beginn des jeweiligen Semesters gegeben.

Modul: WP 4 Petrologie / Vulkanologie

Zuordnung zum Studiengang

Masterstudiengang: Geomaterialien & Geochemie
(Master of Science, M.Sc.)

Zugeordnete Modulteile

Lehrform	Veranstaltung (Wahlpflicht)	Turnus	Präsenzzeit	Selbststudium	ECTS
Vorlesung	WP 4.1.1 Sedimentologie 1 (Vorlesung)	WS	30 h (2 SWS)	45 h	(2,5)
Vorlesung	WP 4.2.1 Industrieminerale (Vorlesung)	WS	30 h (2 SWS)	45 h	(2,5)
Vorlesung	WP 4.3.1 Geothermobarometrie (Vorlesung)	SS	15 h (1 SWS)	30 h	(1,5)
Vorlesung	WP 4.4.1 Gestein-Fluid-Wechselwirkungen (Vorlesung)	SS	15 h (1 SWS)	30 h	(1,5)
Vorlesung	WP 4.5.1 Vulkanologie (Vorlesung)	WS	30 h (2 SWS)	45 h	(2,5)

Im Modul müssen insgesamt 8 ECTS-Punkte erworben werden. Die Präsenzzeit beträgt 6 Semesterwochenstunden. Inklusive Selbststudium sind etwa 240 Stunden aufzuwenden.

Art des Moduls Wahlpflichtmodul mit Wahlpflichtveranstaltungen.

Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen WP4.3 auch für den Masterstudiengang Geology

Wahlpflichtregelungen Das Modul kann unter Beachtung folgender Regeln gewählt werden: Aus den Wahlpflichtmodulen WP 4 bis WP 10 sind 4 Wahlpflichtmodule zu wählen. In WP4 sind vier von fünf Veranstaltungen (insgesamt 8 ECTS) zu wählen.

Teilnahmevoraussetzungen keine

Zeitpunkt im Studienverlauf Empfohlenes Semester: 2. und 3. Semester

Dauer Das Modul erstreckt sich über 2 Semester.

Inhalte

WP 4.1.1 Vorlesung Sedimentologie 1
Die Vorlesung vermittelt die physikalischen Grundlagen, die den Charakter und die Entwicklung von geologischen Oberflächen und Landformen beschreiben. Die vorgestellten Konzepte umfassen Prozesse, die über unterschiedliche geologische Zeitskalen wirksam sind. Die erlernten Konzepte werden in der begleitenden Übung angewendet und getestet. Lernziele sind der Erwerb von Kenntnissen, die die Studierenden in die Lage versetzen, Prozesse der Landschaftsentwicklung quantitativ zu erfassen, zu analysieren und zu interpretieren.

WP 4.2.1 Vorlesung Industrieminerale
Der Kurs behandelt die Industriemineralien und Massenrohstoffe. Es werden Definitionen, Bedeutung, Vorkommen, Entstehung, Abbau, Aufbereitung, Qualitätskriterien und die Verwendungsmöglichkeiten der Rohstoffe erklärt. Speziell behandelt werden Gesteinskörnungen, Karbonate, Gips, Anhydrit, Salze, Phosphate, Muskovit, Perlit, Quarz, Fluorit, Baryt, Abrasiva, Spezialtone (Kaolin, Bentonit) sowie grob- und feinkeramische Tone und keramische Erzeugnisse.

Regional liegt der Schwerpunkt auf den Lagerstätten in Mitteleuropa. Die Geländeübung umfasst deswegen auch Besuche und Untersuchungen an wichtigen Lagerstätten und Betrieben der Mineralwirtschaft in diesem Raum.

WP 4.3.1 Vorlesung Geothermobarometrie

In dieser Veranstaltung werden die Berechnungen univarianter Gleichgewichte auf koexistierende Mischphasen mit petrogenetischer Bedeutung angewendet. Dazu werden thermodynamische Mischmodelle und deren kristallchemische Grundlagen diskutiert. Die Ableitung von Gleichgewichtskonstanten und interkristalliner Verteilungskoeffizienten wird auf Mineralgleichgewichte angewandt, die als Geothermo- oder -barometer genutzt werden können.

WP 4.4.1 Vorlesung Gestein – Fluid – Wechselwirkungen

Dieser Kurs beschäftigt sich mit den Veränderungen, die Gesteine während der Prozesse der Diagenese, Metamorphose und Metasomatose durchlaufen. Es wird besprochen, wie und wann sich die Gesteine auf veränderte P-T-Bedingungen einstellen und was die Abhängigkeit von der geotektonischen Position ist. Die zugrunde liegenden Reaktionen werden für die häufigsten Gesteinstypen besprochen und erläutert. Ziel ist es, derartig veränderte Gesteine in Handstück und Dünnschliff ansprechen zu können und Mineralbestand und Textur interpretieren zu können.

WP 4.5.1 Vorlesung Vulkanologie

In diesem Kurs werden die physikalischen und chemischen Prozesse behandelt, die im Zusammenhang mit magmatischer Aktivität stehen. Es werden die Gründe und Effizienz von Schmelzgenese besprochen und deren Zusammenhang mit der geotektonischen Position. Im Vordergrund stehen aber vor allem die oberflächennahen Veränderungen (Abnahme von Druck und Temperatur), denen Magmen bei ihrem Aufstieg durch die obere Kruste (< 2 km) ausgesetzt sind. Der Einfluss unterschiedlicher Schmelzzusammensetzungen sowie die Auswirkungen auf das Ausbruchverhalten von Vulkanen wird aufgezeigt. Es wird besprochen, welche Hinweise vulkanische Ablagerungen auf Prozesse während des Magmenaufstiegs bzw. eines Ausbruchs beinhalten und inwiefern das Vulkanrisiko heute einschätzbar ist. Abschließend wird vorgestellt, wie Laborexperimente zu unserem mechanistischen Verständnis des „Systems Vulkan“ beitragen.

Qualifikationsziele

Die Studierenden erlangen in diesem Modul fundierte Kenntnisse über die physikochemischen Grundlagen vom System Festkörper-Fluid und seine komplexen Wechselwirkungen. Sie wenden diese Kenntnisse auf die Beurteilung von Industriemineralen und die Prozesse der Vulkanologie an.

Form der Modulprüfung

Modulteilprüfungen als schriftliche Klausur: Vorlesung Sedimentologie (90. Min), Industriemineralie (90. Min), Vorlesung Geothermobarometrie (60. Min), Vorlesung Gestein–Fluid–Wechselwirkungen (60. Min), Vorlesung Vulkanologie (90. Min). Form und Umfang der Modulteilprüfungen werden den Studierenden am

Semesterbeginn bekannt gegeben.

Art der Bewertung

Das Modul ist benotet.

Voraussetzung für die Vergabe von ECTS-Punkten

Die ECTS-Punkte werden vergeben bei Bestehen der dem Modul zugeordneten Modulprüfung (bzw. der zugeordneten Pflicht- und ggf. Wahlpflichtprüfungsteile).

Modulverantwortliche/r

Prof. Dr. D.B. Dingwell

Unterrichtssprache(n)

Deutsch und/oder Englisch

Sonstige Informationen

Literaturhinweise für die einzelnen Veranstaltungen werden den Studierenden zu Beginn des jeweiligen Semesters gegeben.

Modul: WP 5 Geochemie

Zuordnung zum Studiengang

Masterstudiengang: Geomaterialien & Geochemie
(Master of Science, M.Sc.)

Zugeordnete Modulteile

Lehrform	Veranstaltung (Wahlpflicht)	Turnus	Präsenzzeit	Selbststudium	ECTS
Vorlesung	WP 5.1.1 Geochemische Wechselwirkungen zwischen Hydro-, Atmo-, Biosphäre und Mensch (Vorlesung)	SS	30 h (2 SWS)	45 h	(2,5)
Vorlesung	WP 5.2.1 Geochronologische Methoden (Vorlesung)	WS	30 h (2 SWS)	30 h	(2)
Übung	WP 5.2.2 Geochronologische Methoden (Übung)	WS	15 h (1 SWS)	15 h	(1)
Vorlesung	WP 5.3.1 Experimentelle Geochemie	WS	30 h (2 SWS)	45 h	(2,5)
Vorlesung	WP 5.4.1 Geochemie stabiler Isotope (Vorlesung)	SS	15 h (1 SWS)	30 h	(1,5)
Übung	WP 5.4.2 Geochemie stabiler Isotope (Übung)	SS	15 h (1 SWS)	15 h	(1)

Im Modul müssen insgesamt 8 ECTS-Punkte erworben werden. Die Präsenzzeit beträgt 6 Semesterwochenstunden. Inklusive Selbststudium sind etwa 240 Stunden aufzuwenden.

Art des Moduls Wahlpflichtmodul mit Wahlpflichtveranstaltungen.

Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen WP5.3 auch für den Masterstudiengang Geology

Wahlpflichtregelungen Das Modul kann unter Beachtung folgender Regeln gewählt werden: Aus den Wahlpflichtmodulen WP 4 bis WP 10 sind 4 Wahlpflichtmodule zu wählen. In WP 5 sind drei von vier Veranstaltungen (inkl. Übung, insgesamt 8 ECTS) zu wählen.

Teilnahmevoraussetzungen keine

Zeitpunkt im Studienverlauf Empfohlenes Semester: 2., 3. und/ oder 4. Semester

Dauer Das Modul erstreckt sich über 2-3 Semester.

Inhalte **WP 5.1.1 Vorlesung Geochemische Wechselwirkungen zwischen Hydro-, Atmo-, Biosphäre und Mensch**
Die Veranstaltung behandelt die geo- und bio-chemischen sowie physikalischen Wechselwirkungen und Rückkopplungsmechanismen zwischen den verschiedenen "Sphären" unseres Planeten, insbesondere der Atmosphäre, der Hydrosphäre (Ozean), Biosphäre (Fauna, Flora), Geosphäre (Boden, Gesteine, Vulkane), Kryosphäre (Arktis, Antarktis) sowie menschlicher Aktivitäten. Aufhänger und Rahmen der Veranstaltung sind die seit Jahren heftig diskutierten und im Brennpunkt geowissenschaftlicher Forschungen stehenden "global and climate changes". Die Veranstaltung liefert lediglich einen oberflächlichen Überblick über die obigen Themen. Ziel ist es insbesondere, durch Einblick in das komplexe Geschehen Interesse und Verantwortung für die Zukunft unseres Planeten unter angehenden Geowissenschaftlern zu wecken, da dieses bedeutende Feld bisher zu sehr von der Geowissenschaft

vernachlässigt und anderen Disziplinen, insbesondere der Physik, Chemie, Biologie und Meteorologie, überlassen wurde.

WP 5.2.1 Vorlesung Geochronologische Methoden

Das Fach Geochronologie untersucht mit physikalischen Methoden, wann und wie lange geologische Prozesse stattgefunden bzw. gedauert haben. Somit wird die Entstehung und Entwicklungsgeschichte der Erde und anderer Planeten mit 'absoluten' Zeitmarken (Altern) verankert. Mit geochronologischen Methoden können z.B. Prozesse wie Entstehung von Kontinenten, Aufschmelzereignisse in Erdmantel und Erdkruste, Gesteinsmetamorphose, Erosion der Erdkruste und Evolution von Leben datiert werden. Die genauesten Methoden der Altersbestimmung beruhen auf dem Zerfall radioaktiver Atome und der Messung von Isotopenhäufigkeiten mit einem Massenspektrometer. In der Vorlesung werden die geologisch wichtigen Datierungsmethoden (z.B. U-Pb, K-Ar, Rb-Sr, Sm-Nd, Lu-Hf, Re-Os, C-14, Spaltspurendatierung, Uranserien) vorgestellt und ihre Einsatzmöglichkeiten und Grenzen aufgezeigt.

WP 5.2.2 Übung Geochronologische Methoden

Die Veranstaltung vertieft die Inhalte der zugehörigen Vorlesung und dient der Einübung der dort vorgestellten Techniken.

WP 5.3.1 Vorlesung Experimentelle Geochemie

Diese Vorlesung führt in die für Petrologie und Geochemie relevanten experimentellen Methoden ein (z.B.: 1 atm Hochtemperaturöfen, intern und extern beheizte Druckautoklaven, Stempelzylinder- Multianvil- und Diamantzellenapparaturen). Damit bearbeitete Fragestellungen sowie die hierzu benutzten experimentellen Untersuchungsmöglichkeiten werden vorgestellt, wobei deren Anwendbarkeit wie auch existierende Grenzen diskutiert werden. Das Spektrum der besprochenen Methoden reicht von 1 Atmosphäre bis zu den extremsten Hochdruckexperimenten die zurzeit möglich sind. Im Zentrum steht die Vermittlung des Verständnisses, worauf es bei Experimenten ankommt, wie diese durchgeführt werden sollten, worauf zu achten ist und welche Parameter mit speziell ausgewählten experimentellen Methoden untersucht werden können. Das beinhaltet aber auf der anderen Seite auch die Diskussion, wie genau bzw. innerhalb welcher Grenzen Experimente Antworten auf geochemisch relevante Fragestellungen liefern können.

WP 5.4.1 Vorlesung Geochemie stabiler Isotope

Die Lehrveranstaltung vermittelt Kenntnisse zur Verteilung der stabilen Isotope vornehmlich der leichten Elemente C, H, N und O in der Geo-, Bio- und Hydrosphäre. Die zugrunde liegenden Isotopenfraktionierungsprozesse werden exemplarisch erläutert. Fallbeispiele für den Einsatz stabiler Isotope für quantitative und qualitative Aussagen in verschiedenen erd- und lebenswissenschaftlichen Themenkomplexen (u.a. Hydrologie, Paläoklimatologie, Stoffkreisläufe, Pflanzenphysiologie) werden dargestellt. Der Kurs beinhaltet praktische Übungen, die den Teilnehmern ermöglichen werden, Messmethoden kennenzulernen und

Isotopendaten zu interpretieren. Ziel ist es, den Studierenden einen tieferen methodischen und fachlichen Einblick in die Isotopengeochemie zu liefern und ihnen Kenntnisse für die Durchführung eigener Forschungsarbeiten zu vermitteln.

WP 5.4.2 Übung Geochemie stabiler Isotope

Die Veranstaltung vertieft die Inhalte der zugehörigen Vorlesung und dient der Einübung der dort vorgestellten Techniken.

Qualifikationsziele	Die Studierenden besitzen nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul vertiefte Kenntnisse der Isotopengeochemie und sind in der Lage, sie auf die Gesteinsgenese und Altersbestimmung anzuwenden.
Form der Modulprüfung	Modulteilprüfungen als schriftliche Klausur: Vorlesung Wechselwirkungen zwischen Hydro-, Atmo-, Biosphäre und Mensch (90. Min), Vorlesung und Übung Geochronologische Methoden (90. Min), Vorlesung Experimentelle Geochemie (60. Min), Vorlesung Geochemie stabiler Isotope (60. Min). Form und Umfang der Modulteilprüfungen werden den Studierenden am Semesterbeginn bekannt gegeben.
Art der Bewertung	Das Modul ist benotet.
Voraussetzung für die Vergabe von ECTS-Punkten	Die ECTS-Punkte werden vergeben bei Bestehen der dem Modul zugeordneten Modulprüfung (bzw. der zugeordneten Pflicht- und ggf. Wahlpflichtprüfungsteile).
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. E. Hegner
Unterrichtssprache(n)	Deutsch und/oder Englisch
Sonstige Informationen	Literaturhinweise für die einzelnen Veranstaltungen werden den Studierenden zu Beginn des jeweiligen Semesters gegeben.

Modul: WP 6 Kristallphysik

Zuordnung zum Studiengang

Masterstudiengang: Geomaterialien & Geochemie
(Master of Science, M.Sc.)

Zugeordnete Modulteile

Lehrform	Veranstaltung (Wahlpflicht)	Turnus	Präsenzzeit	Selbststudium	ECTS
Vorlesung	WP 6.1.1 Kristallphysik: Struktur – Eigenschaftsbeziehungen (Vorlesung)	SS	30 h (2 SWS)	45 h	(2,5)
Übung	WP 6.1.2 Praktikum zur Kristallphysik (Übung)	SS	15 h (1 SWS)	15 h	(1)
Vorlesung	WP 6.2.1 Defektstrukturen & Fehlgeordnete Strukturen (Vorlesung)	SS	15 h (2 SWS)	30 h	(1,5)
Vorlesung	WP 6.3.1 Thermodynamik & Kinetik von Phasenübergängen (Vorlesung)	WS	30 h (2 SWS)	60 h	(3)

Im Modul müssen insgesamt 8 ECTS-Punkte erworben werden. Die Präsenzzeit beträgt 7 Semesterwochenstunden. Inklusiv Selbststudium sind etwa 240 Stunden aufzuwenden.

Art des Moduls Wahlpflichtmodul mit Wahlpflichtveranstaltungen.

Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen WP6.1 auch für den Masterstudiengang Geology

Wahlpflichtregelungen Das Modul kann unter Beachtung folgender Regeln gewählt werden: Aus den Wahlpflichtmodulen WP 4 bis WP 10 sind 4 Wahlpflichtmodule zu wählen.

Teilnahmevoraussetzungen keine

Zeitpunkt im Studienverlauf Empfohlenes Semester: 1. und 2. Semester

Dauer Das Modul erstreckt sich über 2 Semester.

Inhalte **WP 6.1.1 Vorlesung Kristallphysik (Struktur – Eigenschaftsbeziehungen)**
Im primären thematischen Fokus der Vorlesung liegen die linearen anisotropen Kristalleigenschaften. Im Einzelnen werden in der Vorlesung Themen besprochen wie: symmetrische und antisymmetrische Tensoren, Tensorflächen und ihre Eigenschaften, Größenellipsoid, Mohrsche Kreiskonstruktion, Kristallsymmetrie und Tensoren, Hauptachsentransformationen, Koordinaten-produktmethode, Eigenschaften: paramagnetische und diamagnetische Suszeptibilität, elektrische Polarisation, Pyroelektrizität, Ferroelektrizität, Stresstensor, Deformationstensor, Spannungs-Deformationsbeziehungen, Kompressibilität, thermische Ausdehnung, direkter und inverser piezoelektrischer Effekt, Elastizität, Effekt der Kristallsymmetrie auf die Elastizität, thermische und elektrische Leitfähigkeit. Dabei ist ein ganz wesentliches Ziel der Vorlesung aber nicht nur das bloße Abhandeln der verschiedenen Eigenschaften mit ihren unterschiedlichen tensoriellen Darstellungen, sondern das Erlernen eines quantitativ numerischen Umgangs mit anisotropen Kristalleigenschaften. Dazu werden Rechenübungen mit ganz

konkretem Praxisbezug behandelt, die zuvor als Hausaufgabe ausgegeben wurden.

WP 6.1.2 Praktikum zur Kristallphysik

Ziel des Praktikums ist die Vertiefung der in der Vorlesung erworbenen Kenntnisse zum konkreten, praktischen Umgang mit linearen anisotropen Kristalleigenschaften. Als Beispiel wird im Praktikum eine quantitative experimentelle Bestimmung von Messwerten an einem Halitkristall durchgeführt. Die erhaltenen Messwerte werden dann in der Versuchsauswertung zur konkreten Berechnung des piezooptischen Tensors von Halit benutzt.

WP 6.2.1 Vorlesung Defektstrukturen und fehlgeordnete Strukturen

Diese Veranstaltung vermittelt den Studierenden eine erweiterte Beugungstheorie, um Überstrukturprobleme von Festkörpern lösen zu können. Theoretische Grundlagen für verschiedene Nah- und Fernordnungen werden vermittelt. Theoretische und praktische Vorgänge der Fourier-Transformation werden durchgeführt, um diffuse Streuung bzw. schwache Überstrukturreflexe zu berechnen. Dadurch wird erlernt, in welchem Zusammenhang die Änderung der atomaren Anordnung in komplexen Verbindungen mit den auftretenden Materialeigenschaften steht.

WP 6.3.1 Vorlesung Thermodynamik und Kinetik von Phasenübergängen

Behandelt werden insbesondere Phasenübergänge im festen Zustand, z.B. Entmischungen oder Ordnungsprozesse, die geowissenschaftlich eine wichtige diagnostische Rolle zur Ermittlung gesteinsbildender Prozesse spielen und im technischen Bereich zur Erzeugung oder Verbesserung bestimmter Materialeigenschaften führen. Nach einer vertiefenden Behandlung der für die Thermodynamik von Festkörpern wichtigen Größen werden thermisch aktivierte Prozesse, Avrami-Kinetik, fest-fest Keimbildungsprozesse, spinodale Entmischung (Cahn-Hilliard Kinetik), und TTT-Kurven behandelt. Die zweite Hälfte der Vorlesung beschäftigt sich mit Landau-Theorie und ferroischen Eigenschaften, also ferromagnetischen, -elektrischen und -elastischen Systemen, Piezoelektrika, und Formgedächtnis in Bezug auf die thermodynamischen Zusammenhänge zwischen Ordnungsparametern, Suszeptibilitäten (bzw. Moduli), Entropie, Wärmekapazität, Enthalpie und Freier Energie. Das Lernziel ist ein vertieftes Verständnis der thermodynamischen Ursachen von Festkörperprozessen und deren Steuerung durch entsprechende Maßnahmen. Dies dient der Befähigung zur wissenschaftlichen Tätigkeit und zur Aufnahme einer qualifizierten Erwerbstätigkeit im Bereich Mineralogie, Petrologie bzw. Materialwissenschaft.

Qualifikationsziele

Die Studierenden erwerben vertiefte Kenntnisse über die anisotropen Eigenschaften von Kristallen, die Realstruktur und ihre Untersuchung mittels Beugungsmethoden sowie die Kinetik von Phasenübergängen. Nach erfolgreichen Teilnahme besitzen sie die Fähigkeit, Kristalleigenschaften in ihrer Richtungsabhängigkeit und Dynamik zu interpretieren.

Form der Modulprüfung

Modulteilprüfungen als schriftliche Klausur: Vorlesung und Übung Kristallphysik (90. Min), Vorlesung Thermodynamik und Kinetik von Phasenübergängen (60. Min)

Modulteilprüfung als schriftlicher Report und Kolloquium: Vorlesung Defektstrukturen und fehlgeordnete Strukturen (20. Min. Kolloquium). Form und Umfang der Modulteilprüfungen werden den Studierenden am Semesterbeginn bekannt gegeben.

Art der Bewertung	Das Modul ist benotet.
Voraussetzung für die Vergabe von ECTS-Punkten	Die ECTS-Punkte werden vergeben bei Bestehen der dem Modul zugeordneten Modulprüfung (bzw. der zugeordneten Pflicht- und ggf. Wahlpflichtprüfungsteile).
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. G. Jordan
Unterrichtssprache(n)	Deutsch und/oder Englisch
Sonstige Informationen	Literaturhinweise für die einzelnen Veranstaltungen werden den Studierenden zu Beginn des jeweiligen Semesters gegeben.

Modul: WP 7 Biogene Geomaterialien

Zuordnung zum Studiengang

Masterstudiengang: Geomaterialien & Geochemie
(Master of Science, M.Sc.)

Zugeordnete Modulteile

Lehrform	Veranstaltung (Wahlpflicht)	Turnus	Präsenzzeit	Selbststudium	ECTS
Vorlesung	WP 7.1.1 Biomineralisation (Vorlesung)	SS	30 h (2 SWS)	45 h	(2,5)
Vorlesung	WP 7.2.1 Geomikrobiologie (Vorlesung)	SS	15 h (1 SWS)	30 h	(1,5)
Übung	WP 7.2.2 Geomikrobiologie (Übung)	SS	15 h (1 SWS)	15 h	(1)
Vorlesung	WP 7.3.1 Paläobiologie (Vorlesung)	WS	15 h (1 SWS)	45 h	(2)
Übung	WP 7.3.2 Paläobiologie (Übung)	WS	15 h (1 SWS)	15 h	(1)

Im Modul müssen insgesamt 8 ECTS-Punkte erworben werden. Die Präsenzzeit beträgt 6 Semesterwochenstunden. Inklusive Selbststudium sind etwa 240 Stunden aufzuwenden.

Art des Moduls

Wahlpflichtmodul mit Wahlpflichtveranstaltungen.

Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen

Wahlpflichtregelungen

Das Modul kann unter Beachtung folgender Regeln gewählt werden: Aus den Wahlpflichtmodulen WP 4 bis WP 10 sind 4 Wahlpflichtmodule zu wählen.

Teilnahmevoraussetzungen

keine

Zeitpunkt im Studienverlauf

Empfohlenes Semester: 1. und 2. Semester

Dauer

Das Modul erstreckt sich über 2 Semester.

Inhalte

WP 7.1.1 Vorlesung Biomineralisation

Die Vorlesung behandelt Prozesse und Produkte der Biomineralisation (biologisch kontrollierte Bildung von Mineralen). Sie gibt einen Überblick über Biominerale in allen biologischen Phylae und ihre verschiedenen Funktionen, die von Sensorik über Optik bis zu mechanischen Aufgaben reichen. Als Beispiele für Biominerale in Einzellern werden Magnetosome sowie Coccolithen und Foraminiferenskelette behandelt und der bioinduzierten, extrazellulären Mineralisation von Fe-Oxi-Hydroxiden durch Eisenoxidierer entgegengestellt. Schalen von Mollusken und Brachiopoden sowie die Einkristall-ähnlichen Zähne und Stacheln sind Musterbeispiele für hybride, hierarchisch strukturierte Verbundwerkstoffe und hervorragende Optimierung von Materialeigenschaften durch biologische Systeme bzw. Evolution. Das letzte Drittel der Vorlesung beschäftigt sich mit hierarchischem Aufbau und Wachstum von Wirbeltierknochen sowie entsprechenden medizinisch eingesetzten Ersatzmaterialien.

Das Lernziel ist die Befähigung zur wissenschaftlichen Tätigkeit auf dem Gebiet der Biomineralisation und Biomimetik und zur Aufnahme einer qualifizierten Erwerbstätigkeit im Bereich Biomaterialien.

WP 7.2.1 Vorlesung Geomikrobiologie

Inhalt der Vorlesung sind Aufbau und Stoffwechsel der Prokaryoten. Ausgehend vom Stoffwechsel der Mikroorganismen werden zunächst die Effekte, Reaktionen, Konsequenzen und Auswirkungen des Stoffwechsels auf die Mikroorganismen selbst (inkl. biokontrollierter Mineralisation) auf ihre nähere Umgebung (inkl. bioinduzierter Mineralisation) und auf ihr Habitat (z.B. acid mine drainage) besprochen. Danach folgen Betrachtungen zu größerskaligen Stoffflüssen wie sie sich letztlich in den Wechselwirkungen zwischen Biosphäre und Geosphäre manifestieren.

Die einzelnen Themengebiete der Vorlesung sind: Zellgrundtypen, chemischer Aufbau und Komponenten der Prokaryoten (Cytoplasmamembran, Carriere, Porter, ABC-Transportsysteme, Zellwand, Peptidoglykan, S-Schicht, Motilität, Geißel, Fimbrien, Pili, Glykocalyx), Metabolismus, Anabolismus, Biosynthese, Katabolismus, Autotrophie, Heterotrophie, Chemolithotrophie, Phototrophie, Glykolyse, Atmung, NADH-Dehydrogenasen, Flavoproteine, Cytochrome, FS-Proteine, Chinone, PMK, Wasserstoffoxidierer, Eisenoxidierer, Schwefeloxidierer, Nitrifikation, Methano- und Methylophilie, anaerobe Atmung, Denitrifikation, Nitrat- und Sulfatreduktion, Aceto- und Methanogenese, Eisen- und Manganakzeptoren, organische Akzeptoren, Populationswachstum, Umweltfaktoren (Temperatur, Salinität, Druck), Biofilm, Habitate (terrestrisch, aquatisch), Primärproduktion.

WP 7.2.2 Übung Geomikrobiologie

In den Übungen werden die in der Vorlesung gewonnenen Kenntnisse vertieft. Um die im Hause möglichen Erfahrungen im praktischen Umgang zusätzlich zu vertiefen, wird im Rahmen der Übungen auch ein Besuch in einem mikrobiologischen Labor am Institut für Grundwasserökologie des Helmholtz-Zentrums München durchgeführt.

WP 7.3.1 Vorlesung Paläobiologie

Im Fokus des ersten Teils der Veranstaltung steht die Analyse neuer wissenschaftlicher Publikationen, sowohl nach inhaltlichen als auch formalen Gesichtspunkten. An Hand einiger von den Studierenden selbst ausgewählter Aufsätze wird erarbeitet, wie wissenschaftliche Publikationen formal aufgebaut sind (sein können) und welche Inhalte die einzelnen Segmente einer solchen Arbeit bestimmen. Die Ergebnisse daraus sowie der wissenschaftliche Kontext der ausgewählten Publikationen werden in Form von ppt-Präsentationen von den Studierenden vorgestellt. Dabei werden auch grundlegende Präsentationstechniken und das Präsentationsverhalten der Studierenden diskutiert.

WP 7.3.2 Übung Paläobiologie

Im zweiten Teil (Übung) werden die Studierenden unter Anleitung die im ersten Teil (Vorlesung) erworbenen Erkenntnisse bei der Abfassung einer eigenen kurzen wissenschaftlichen Arbeit anwenden.

Qualifikationsziele

Die Studierenden entwickeln ein vertieftes Verständnis biogener Prozesse im Wechselfeld von biogenen und anorganischen Strukturen und sind in der Lage, diese Kenntnisse auf die Untersuchung biogener Materialien

	anzuwenden.
Form der Modulprüfung	Modulteilprüfungen als schriftliche Klausur: Vorlesung Biomineralisation (60. Min), Vorlesung und Übung Geomikrobiologie (60. Min), Vorlesung und Übung Paläobiologie (60. Min). Form und Umfang der Modulteilprüfungen werden den Studierenden am Semesterbeginn bekannt gegeben.
Art der Bewertung	Das Modul ist benotet.
Voraussetzung für die Vergabe von ECTS-Punkten	Die ECTS-Punkte werden vergeben bei Bestehen der dem Modul zugeordneten Modulprüfung (bzw. der zugeordneten Pflicht- und ggf. Wahlpflichtprüfungsteile).
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. W. Schmahl
Unterrichtssprache(n)	Deutsch und/oder Englisch
Sonstige Informationen	Literaturhinweise für die einzelnen Veranstaltungen werden den Studierenden zu Beginn des jeweiligen Semesters gegeben.

Modul: WP 8 Grenzflächen und Nanostrukturen

Zuordnung zum Studiengang

Masterstudiengang: Geomaterialien & Geochemie
(Master of Science, M.Sc.)

Zugeordnete Modulteile

Lehrform	Veranstaltung (Pflicht)	Turnus	Präsenzzeit	Selbststudium	ECTS
Vorlesung	WP 8.1.1 Mineraloberflächen und Grenzflächen (Vorlesung)	SS	15 h (1 SWS)	30 h	(1,5)
Vorlesung	WP 8.2.1 Nanostrukturen (Vorlesung)	SS	30 h (2 SWS)	60 h	(3)
Vorlesung	WP 8.3.1 Quantenmechanische Modellierung (Vorlesung)	WS	30 h (2 SWS)	45 h	(2,5)
Übung	WP 8.3.2 Quantenmechanische Modellierung (Übung)	WS	15 h (1 SWS)	15 h	(1)

Im Modul müssen insgesamt 8 ECTS-Punkte erworben werden. Die Präsenzzeit beträgt 6 Semesterwochenstunden. Inklusive Selbststudium sind etwa 240 Stunden aufzuwenden.

Art des Moduls

Wahlpflichtmodul mit Wahlpflichtveranstaltungen.

Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen

Wahlpflichtregelungen

Das Modul kann unter Beachtung folgender Regeln gewählt werden: Aus den Wahlpflichtmodulen WP 4 bis WP 6 (Bereich "Verknüpfung") sind zwei Wahlpflichtmodule zu wählen.

Teilnahmevoraussetzungen

keine

Zeitpunkt im Studienverlauf

Empfohlenes Semester: 2. und 3 Semester

Dauer

Das Modul erstreckt sich über 2 Semester.

Inhalte

WP 8.1.1 Vorlesung Mineraloberflächen und Grenzflächen

Die Vorlesung befasst sich mit aktuellen Fragestellungen der Eigenschaften und Untersuchungsmethoden an kristallinen Oberflächen und Grenzflächen. Im Einzelnen werden folgende Themen besprochen: Oberflächen-Struktur reiner Oberflächen, Oberflächenperiodizität, Überstrukturen; Adsorbate an Oberflächen – Struktur, Überstrukturen, Adsorptionsmechanismen (Physi-/Chemisorption), Austrittsarbeit, Adsorptionsenergie; Oberflächenstabilität, -polarität, Wachstumsmodi und Diffusion an Oberflächen; elektronische und magnetische Eigenschaften; Oberflächenbeugungsmethoden (nieder-energetische Elektronenbeugung, Röntgenbeugung), Abbildungsmethoden (z.B. Rastertunnelmikroskopie).

WP 8.2.1 Vorlesung Nanostrukturen

Die Veranstaltung gibt einen Überblick über die verschiedenen interdisziplinären Ansätze in den Nanowissenschaften. Die Vielfältigkeit von Nanostrukturen wird anhand von relevanten Beispielen wie dünnen Filmen, Nanoröhrchen und Nanopartikel aufgezeigt. Es werden jeweils Methoden zur Herstellung und zur Charakterisierung mittels Mikroskopie oder Spektroskopie vorgestellt. Ein wichtiger Aspekt sind die besonderen mechanischen,

elektrischen oder optischen Eigenschaften dieser Nanostrukturen. Die für das Verständnis der größen- und formabhängigen Eigenschaften erforderlichen Grundlagen der Quantenmechanik und Oberflächenphysik werden an den jeweiligen Nanostrukturen vertieft und angewandt.

WP 8.3.1 Vorlesung Quantenmechanische Modellierung

Die Vorlesung führt in die modernen Methoden der computergestützten quantenmechanischen Beschreibung und Vorhersage von Materialeigenschaften ein. Im Einzelnen werden Konzepte der Quantenmechanik, Molekülorbitaltheorie und LCAO (linear combination of atomic orbitals), Näherungen des freien und nahezu freien Elektronengases, Hartree, Hartree-Fock Näherung, Block Theorem sowie Tight-Binding Ansatz besprochen. Darauf aufbauend werden die Grundlagen der Dichtefunktionaltheorie (DFT), die Beschreibung des Austausch-Korrelationsfunktionals, die Wahl der Basis eingeführt. Im Anschluss werden verschiedene Beispiele für den Einsatz der DFT vorgestellt, insbesondere die Beschreibung magnetischer Systeme, das Verhalten von Materialien unter Druck, Phasentransformationen, Berechnung von equation of state, bulk modulus. Weitere Themen sind die Beschreibung von kristallinen Oberflächen, Oberflächenreaktionen und Stabilität. Die quantenmechanischen Ansätze werden mit Methoden der Molekulardynamik und der statistischen Beschreibung im Rahmen der Monte Carlo Methode ergänzt. Ziel der Vorlesung ist es, einen Überblick und praktische Kenntnisse (s. Übung) über aktuelle theoretische Ansätze und Fragestellungen in der computergestützten Modellierung von Materialien zu vermitteln.

WP 8.3.2 Übung Quantenmechanische Modellierung

Ziel der Übung ist die Umsetzung der erworbenen Kenntnisse durch Hands-on Übungen am Computer mit einem DFT Programmcode. Dabei wird die Bedeutung der technischen Konvergenzparameter veranschaulicht, die equation of state für einfache Systeme berechnet und die daraus resultierenden Gleichgewichts-Gitterparameter, bulk moduli, sowie die elektronischen Eigenschaften wie z.B. die Zustandsdichte für ein magnetisches und ein nichtmagnetisches Volumenmaterial analysiert. Die Ergebnisse des praktischen Teils werden in einem Protokoll zusammengefasst.

Qualifikationsziele	Die Studierenden erlangen in diesem Modul einen Überblick über die Eigenschaften von Grenzflächen und Nanostrukturen sowie ein grundlegendes Verständnis von Eigenschaften dimensionsreduzierter Systeme und sind in der Lage, sie auf nanokristalline Probleme anzuwenden.
Form der Modulprüfung	Modulteilprüfungen als schriftliche Klausur: Vorlesung Mineraloberflächen und Grenzflächen (60. Min), Vorlesung Nanostrukturen (60. Min), Vorlesung und Übung Quantenmechanische Modellierung (60. Min). Form und Umfang der Modulteilprüfungen werden den Studierenden am Semesterbeginn bekannt gegeben.
Art der Bewertung	Das Modul ist benotet.
Voraussetzung für die Vergabe von	Die ECTS-Punkte werden vergeben bei Bestehen der dem Modul zugeordneten Modulprüfung (bzw. der zugeordneten

ECTS-Punkten	Pflicht- und ggf. Wahlpflichtprüfungsteile).
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Gille
Unterrichtssprache(n)	Deutsch und/oder Englisch
Sonstige Informationen	Literaturhinweise für die einzelnen Veranstaltungen werden den Studierenden zu Beginn des jeweiligen Semesters gegeben.

Modul: WP 9 Mikroskopische Methoden

Zuordnung zum Studiengang

Masterstudiengang: Geomaterialien & Geochemie
(Master of Science, M.Sc.)

Zugeordnete Modulteile

Lehrform	Veranstaltung (Wahlpflicht)	Turnus	Präsenzzeit	Selbststudium	ECTS
Vorlesung	WP 9.1.1 Durchlichtmikroskopie (Vorlesung)	SS	15 h (1 SWS)	30 h	(1,5)
Übung	WP 9.1.2 Durchlichtmikroskopie (Übung)	SS	15 h (1 SWS)	30 h	(1,5)
Vorlesung	WP 9.2.1 Mikrothermometrie (Vorlesung)	SS	15 h (1 SWS)	30 h	(1,5)
Übung	WP 9.2.2 Mikrothermometrie (Übung)	SS	15 h (1 SWS)	15 h	(1)
Vorlesung	WP 9.3.1 Erzmikroskopie (Vorlesung)	WS	15 h (1 SWS)	30 h	(1,5)
Übung	WP 9.3.2 Erzmikroskopie (Übung)	WS	15 h (1 SWS)	15 h	(1)
Vorlesung	WP 9.4.1 Auflichtmikroskopie (Vorlesung)	WS	15 h (1 SWS)	30 h	(1,5)
Übung	WP 9.4.2 Auflichtmikroskopie (Übung)	WS	15 h (1 SWS)	15 h	(1)
Vorlesung	WP 9.5.1 Rastersondenmikroskopie (Vorlesung)	WS	15 h (1 SWS)	30 h	(1,5)
Übung	WP 9.5.2 Rastersondenmikroskopie (Übung)	WS	15 h (1 SWS)	15 h	(1)
Vorlesung	WP 9.6.1 Universaldrehtischmethoden (Vorlesung)	WS	15 h (1 SWS)	30 h	(1,5)
Übung	WP 9.6.2 Universaldrehtischmethoden (Übung)	WS	15 h (1 SWS)	15 h	(1)

Im Modul müssen insgesamt 8 ECTS-Punkte erworben werden. Die Präsenzzeit beträgt 6 Semesterwochenstunden. Inklusive Selbststudium sind etwa 240 Stunden aufzuwenden.

Art des Moduls	Wahlpflichtmodul mit Wahlpflichtveranstaltungen.
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	WP9.1 auch für den Masterstudiengang Geology
Wahlpflichtregelungen	Das Modul kann unter Beachtung folgender Regeln gewählt werden: Aus den Wahlpflichtmodulen WP 4 bis WP 10 sind 4 Wahlpflichtmodule zu wählen. In WP 9 sind drei von sechs Veranstaltungen (inkl. Übung, insgesamt 8 ECTS) zu wählen.
Teilnahmevoraussetzungen	keine
Zeitpunkt im Studienverlauf	Empfohlenes Semester: 2. und 3. Semester
Dauer	Das Modul erstreckt sich über 2 Semester.
Inhalte	<p>WP 9.1.1 Vorlesung Durchlichtmikroskopie</p> <p>In der Veranstaltung werden praktische Fähigkeiten bei der Nutzung des Polarisationsmikroskops als Messinstrument zur optischen Charakterisierung von Festkörpern vertieft. Insbesondere werden gesteinsbildende Minerale bestimmt und gefügekundliche Analysen an magmatischen, metamorphen und sedimentären Gesteinen vorgenommen. Die Anwendung der Polarisationsmikroskopie dient sowohl dem Erkennen und Beschreiben des Mineralbestandes als auch der Klassifizierung und Entstehung von Gefügen in</p>

Gesteinen. Ziel der Übungen ist es dynamische Prozesse petrologisch relevanter Systeme beurteilen und nachvollziehen zu können.

WP 9.1.2 Übung Durchlichtmikroskopie

Die Veranstaltung vertieft die Inhalte der zugehörigen Vorlesung und dient der Einübung der dort vorgestellten Techniken.

WP 9.2.1 Vorlesung Mikrothermometrie

Dieser Kurs behandelt die petrographischen und thermodynamischen Grundlagen der Untersuchung fluider Einschlüsse in Mineralen und führt in die wichtigste Methode, der Mikrothermometrie, ein. Themengebiete sind die Bildungsmechanismen und mikroskopische Begutachtung von Fluideinschlüssen, Verhalten von isochoren, isoplethen Fluidphasensystemen, Phasengleichgewichte von geologisch wichtigen unären (H₂O, CO₂), binären (CO₂-CH₄, H₂O-NaCl, H₂O-CO₂) und ternären Fluidsystemen (H₂O-NaCl-CaCl₂, H₂O-NaCl-KCl, H₂O-CO₂-NaCl), Zustandfunktionen, Prinzipien und praktische Aspekte der Mikrothermometrie und weiterer Untersuchungsmethoden. Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung ist der Studierende in der Lage, Phasengleichgewichte in Fluidsystemen zu verstehen und zu interpretieren, fremde mikrothermometrische Studien zu evaluieren, Isochoren mit den neuesten Computerprogrammen zu berechnen und eine selbständige mikrothermometrische Fluideinschluss-Studie durchzuführen.

WP 9.2.2 Übung Mikrothermometrie

Die Veranstaltung vertieft die Inhalte der zugehörigen Vorlesung und dient der Einübung der dort vorgestellten Techniken.

WP 9.3.1 Vorlesung Erzmikroskopie

Die Veranstaltung Erzmikroskopie vermittelt Grundlagen der Auflichtmikroskopie mit polarisiertem Licht. Die physikalischen Grundlagen, die Probenvorbereitung sowie qualitative und quantitative Arbeitsmethoden werden im theoretischen Teil der Veranstaltung besprochen. Im praktischen Teil werden an Hand von Probenmaterial die optisch indikativen Merkmale opaquer, erzbildender Minerale verdeutlicht und Methoden zur systematischen Identifizierung dieser Minerale aufgezeigt. Hierbei wird auf lagerstättenspezifische Eigenheiten sowie auf para-genetische und metallogenetische Aspekte eingegangen. Unter anderem werden behandelt: Farbwahrnehmung, Bestimmung von relativem Reflexionsvermögen, Anisotropie, relative Härte, Erzgefüge, Mineralformen, Verzwillingung, Verwachsungen, Verdrängungen, Entmischung, Einschlüsse, etc.

WP 9.3.2 Übung Erzmikroskopie

Die Veranstaltung vertieft die Inhalte der zugehörigen Vorlesung und dient der Einübung der dort vorgestellten Techniken.

WP 9.4.1 Vorlesung Auflichtmikroskopie

Die Veranstaltung Auflichtmikroskopie behandelt die lichtoptische Auflichtmikroskopie und die elektronen-optische Mikroskopie und deren physikalische Grundlagen. Die

lichtoptische Auflichtmikroskopie untergliedert sich in Polarisationsmikroskopie und 3-D Stereomikroskopie. Es wird auf licht- und elektronenoptische Rückstreu-koeffizienten eingegangen und deren Bedeutung als Phasenkontrast. Das Erkennen makroskopischer Symmetrien im Stereomikroskop und Rasterelektronenmikroskop und deren Bildverarbeitung. Die Quantifizierung von Gefügen mit Hilfe von Bildverarbeitung (Porenverteilung, Rissbildung, Orientierung, Berührungsparagenesen, etc.) werden behandelt

WP 9.4.2 Übung Auflichtmikroskopie

Die Veranstaltung vertieft die Inhalte der zugehörigen Vorlesung und dient der Einübung der dort vorgestellten Techniken.

WP 9.5.1 Vorlesung Rastersondenmikroskopie

Aufbauend auf die Kenntnisse aus dem Modul 2 vertieft die Vorlesung zahlreiche Arten der verschiedenen etablierten Mikroskopietechniken, die unter dem Überbegriff Rastersondenmikroskopie zusammengefasst sind. Besonderes Gewicht wird dabei auf die in der Praxis zunehmend häufig verbreiteten Arten der Rastersonden-mikroskopie gelegt: Rasterkraftmikroskopie (AFM), Rastertunnelmikroskopie (STM) und optische Nahfeldmikroskopie (SNOM). Die Vertiefung der Rasterkraft-mikroskopie umfasst dabei auch die neuen und zunehmend wichtigen Derivatechniken wie zum Beispiel Magnetic Force Microscopy, Conductive AFM, Scanning Capacitance Microscopy, Kelvin Probe Force Microscopy. Bei den verschiedenen Techniken werden die verschiedenen Abbildungsmodi, die Mechanismen der Kontrastentstehung und die damit verbundene Frage der Auflösungslimits behandelt. Ein weiterer Themenkomplex widmet sich über bloße Anwendungen hinausgehend besonders dem Gerätebau und den Möglichkeiten einer eigenständigen Geräteentwicklung, die im weiten Feld der Rastersondenmikroskopie dem exzellenten Wissenschaftler stets ganz besondere wissenschaftliche Potentiale eröffnet.

WP 9.5.2 Übung Rastersondenmikroskopie

Die Übungen vertiefen die in der Vorlesung gewonnenen Kenntnisse zum einen an einem kommerziellen Rasterkraftmikroskop zum anderen auch an einem hydrothermalen Rasterkraftmikroskop (HAFM), das ein in Eigenentwicklung entstandenes Gerät ist. Besonderer Vorteil dieser Übungskonzeption ist, dass nicht nur konventionelle Anwendungsmöglichkeiten kommerzieller Geräte erlernt werden, sondern gerade die im Bereich der Geräteentwicklung möglichen Perspektiven und technischen Limits anschaulich vermittelt werden können.

WP 9.6.1 Vorlesung Universaldrehtischmethoden

Die Veranstaltung gibt eine Einführung in die Methodik der polarisations-mikroskopischen 3D-Vermessung von Mineral- und Gesteinsgefügen

Spezielle Themen sind: Aufbau des 4- und 5-achsigen Universaldrehtischs, Installation des Tisches u. Montage eines Dünnschliffs, Konstruktion stereographischer Projektionen, Vermessung von Flächen (Spaltflächen, Korn- und Phasengrenzen, Zwillings Ebenen, Subkorn-grenzen), das konoskopische Bild, Vermessung der optischen Achse bei 1-

achsigen Mineralen (Quarz und Calcit), Vermessung optischer Achsen und des Achsenwinkels bei 2-achsigen Mineralen, Untersuchung von Plagioklasen: Bestimmung des Anorthitgehalts und von Zwillingsgesetzen, Bestimmung von Pyroxenen und Amphibolen mit dem U-Tisch sowie der Generelle Einsatz des U-Tisches bei Gefügeuntersuchungen.

WP 9.6.2 Übung Universaldrehtischmethoden

Die Veranstaltung vertieft die Inhalte der zugehörigen Vorlesung und dient der Einübung der dort vorgestellten Techniken.

Qualifikationsziele	Die Studierenden lernen die mikroskopischen Eigenschaften der Festkörper kennen, erlernen wichtige Methoden der Mikroskopie (Rastersondenmikroskopie, Universaldrehtischmethoden, Auf- und Durchlichtmikroskopie) und wenden sie auf technologisch wichtige synthetische und Geo-Materialien an. Sie sind nach der erfolgreichen Teilnahme in der Lage, die Möglichkeiten und die Grenzen der verschiedenen mikroskopischen Untersuchungsmethoden zu beurteilen.
Form der Modulprüfung	Moduleilprüfungen als schriftliche Klausur: Vorlesung und Übung Durchlichtmikroskopie (60. Min), Vorlesung und Übung Mikrothermometrie (60. Min), Vorlesung und Übung Erzmikroskopie (60. Min), Vorlesung und Übung Auflichtmikroskopie (60. Min), Vorlesung und Übung Rastersondenmikroskopie (60. Min), Vorlesung und Übung Universaldrehtischmethoden (60. Min). Form und Umfang der Moduleilprüfungen werden den Studierenden am Semesterbeginn bekannt gegeben.
Art der Bewertung	Das Modul ist benotet.
Voraussetzung für die Vergabe von ECTS-Punkten	Die ECTS-Punkte werden vergeben bei Bestehen der dem Modul zugeordneten Modulprüfung (bzw. der zugeordneten Pflicht- und ggf. Wahlpflichtprüfungsteile).
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. D.B. Dingwell
Unterrichtssprache(n)	Deutsch und/oder Englisch
Sonstige Informationen	Literaturhinweise für die einzelnen Veranstaltungen werden den Studierenden zu Beginn des jeweiligen Semesters gegeben.

Modul: WP 10 Vernetzung

Zuordnung zum Studiengang Masterstudiengang: Geomaterialien & Geochemie (Master of Science, M.Sc.)

Zugeordnete Modulteile

Es können bis zu drei Veranstaltungen gewählt werden. Dies können Veranstaltungen aus den Wahlpflichtmodulen sein, die nicht gewählt wurden. Darunter fallen Veranstaltungen aus den Studiengängen „Geologische Wissenschaften“ und „Geophysics“ einschließlich der von der Fakultät für Geowissenschaften angebotenen Spezialvorlesungen, sowie Veranstaltungen aus anderen mathematisch-naturwissenschaftlichen oder ingenieurwissenschaftlichen Fächern. Eine zweistündige Vorlesung oder Übung wird je nach Arbeitsaufwand mit 2.5 bis 3 ECTS-Punkten bewertet. Das Modul muss mit mindestens 8 ECTS-Punkten abgeschlossen werden. Der Prüfungsausschuss macht den aktuell gültigen Katalog spätestens vier Wochen vor Semesterbeginn auf bekannt. Die Wahl der Lehrveranstaltungen muss vom Prüfungsausschuss genehmigt werden.

Art des Moduls Pflichtmodul mit Wahlpflichtveranstaltungen.

Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen

Wahlpflichtregelungen Das Modul kann unter Beachtung folgender Regeln gewählt werden: Aus den Wahlpflichtmodulen WP 4 bis WP 10 sind 4 Wahlpflichtmodule zu wählen.

Teilnahmevoraussetzungen keine

Zeitpunkt im Studienverlauf Empfohlenes Semester: 1., 2. und/oder 3. Semester

Dauer Das Modul erstreckt sich über 1, 2 oder 3 Semester.

Inhalte Die Inhalte sind veranstaltungsabhängig.

Qualifikationsziele Die Studierenden wählen zur Vertiefung ihrer Kenntnisse und Fähigkeiten Veranstaltungen aus anderen Wahlpflichtmodulen oder naturwissenschaftlichen Fächern und setzen auf diese Weise selbstgewählte Schwerpunkte.

Form der Modulprüfung Modulteilprüfungen als schriftliche Klausur.

Art der Bewertung Das Modul ist benotet.

Voraussetzung für die Vergabe von ECTS-Punkten Die ECTS-Punkte werden vergeben bei Bestehen der dem Modul zugeordneten Modulprüfung (bzw. der zugeordneten Pflicht- und ggf. Wahlpflichtprüfungsteile).

Modulverantwortliche/r Prof. Dr. E. Hegner

Unterrichtssprache(n) Deutsch und/oder Englisch

Sonstige Informationen Literaturhinweise für die einzelnen Veranstaltungen werden den Studierenden zu Beginn des jeweiligen Semesters gegeben.

Modul: Labor- oder Geländepraktikum

Zuordnung zum Studiengang Masterstudiengang: Geomaterialien & Geochemie (Master of Science, M.Sc.)

Zugeordnete Module

Es kann entweder ein zweiwöchiges Labor- oder Geländepraktikum ausgewählt werden. Das Modul wird mit mindestens 6 ECTS-Punkten abgeschlossen werden.

Art des Moduls Pflichtmodul mit Wahlpflichtveranstaltungen.

Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen

Wahlpflichtregelungen Es kann zwischen Laborpraktikum und Geländepraktikum gewählt werden.

Teilnahmevoraussetzungen keine

Zeitpunkt im Studienverlauf Empfohlenes Semester: 3. Semester

Dauer Das Modul erstreckt sich über 1 Semester.

Inhalte

Laborpraktikum

Während des zweiwöchigen Laborpraktikums werden die Studierenden zu selbständigem Arbeiten im Labor insbesondere als Vorbereitung für die Masterarbeit angeleitet. Ziel ist es, den Studierenden ein selbständiges Arbeiten im Labor zu ermöglichen, damit die für die Masterarbeit notwendige wissenschaftliche Arbeit ohne große Vorlaufzeit beginnen können.

Geländepraktikum

Während dieses Geländepraktikums werden die Studierenden weiterführend angeleitet, wie eine detaillierte geologische Aufschlussaufnahme und Gesteinsansprache durchgeführt wird. Dieses Praktikum wird während einer angebotenen Fortgeschrittenenexkursion abgehalten. Die Studierenden werden stratigraphische Profile aufnehmen, Lagerung und Gesteine makroskopisch beschreiben und Ablagerungsprozesse und -bedingungen herausarbeiten.

Qualifikationsziele Die Studierenden beherrschen die im Praktikum vermittelten Inhalte und sind zum selbstständigen Arbeiten im Labor bzw. im Gelände fähig. Mit der Berichterstattung über die durchgeführten Arbeiten belegen sie ihre analytischen Fähigkeiten und die sachliche Ergebnisdarstellung und -interpretation.

Form der Modulprüfung Modulteilprüfungen als ausführlicher Praktikumsbericht mit Abbildungen und Grafiken.

Art der Bewertung Das Modul ist benotet.

Voraussetzung für die Vergabe von ECTS-Punkten Die ECTS-Punkte werden vergeben bei Bestehen der dem Modul zugeordneten Modulprüfung (bzw. der zugeordneten Pflicht- und ggf. Wahlpflichtprüfungsteile).

Modulverantwortliche/r Prof. Dr. E. Hegner

Unterrichtssprache(n) Deutsch und/oder Englisch

Sonstige Informationen

Literaturhinweise werden den Studierenden zu Beginn der Laborpraktika bzw. Geländepraktika von den Betreuern gegeben. Geländepraktika sind ggf. mit der Übernahme von (Teil-)Kosten durch die Studierenden verbunden.

Modul: Seminarvortrag und Masterarbeit

Zuordnung zum Studiengang Masterstudiengang: Geomaterialien & Geochemie (Master of Science, M.Sc.)

Zugeordnete Modulteile

Sechsmonatige Masterarbeit (30 ECTS) mit Seminarvortrag (2ECTS)

Art des Moduls	Pflichtmodul
Verwendbarkeit des Moduls in anderen Studiengängen	
Wahlpflichtregelungen	keine
Teilnahmevoraussetzungen	keine
Zeitpunkt im Studienverlauf	Empfohlenes Semester: 4. Semester
Dauer	Das Modul erstreckt sich über 1 Semester.
Inhalte	<p>Masterarbeit Die wissenschaftlichen Fachinhalte der Masterarbeit sind forschungsorientiert und richten sich nach den aktuellen Forschungsprojekten der Mitglieder der Fakultät. Die Themen werden daher für jeden Einzelfall spezifisch durch die Anmeldung der Arbeit beim Prüfungsausschuss vereinbart. Die projektunabhängigen Lernziele sind die Befähigung zu selbständiger, an wissenschaftlichen Grundsätzen orientierter Arbeit, einschließlich der Ermittlung und kompetenten Interpretation wissenschaftlicher Ergebnisse, auch im Lichte existierender Literatur, und die verständliche schriftliche Darstellung der Ergebnisse und ihrer Diskussion. Diese in der Masterarbeit ausgereift erlernten Fähigkeiten sind ganz wesentliche Elemente der Befähigung zu einer Aufnahme einer qualifizierten Erwerbstätigkeit, und tragen zur Entwicklung einer selbständigen, kritisch urteilsfähigen und gesellschaftlich verantwortungsvoll handelnden Persönlichkeit bei.</p> <p>Seminarvortrag Der Seminarvortrag im Masterabschnitt lehnt sich inhaltlich an die Masterarbeit an. Die projektunabhängigen Lernziele sind kompetent erscheinendes, überzeugendes persönliches Auftreten bei der mündlichen Vermittlung wissenschaftlicher Ergebnisse in der derzeit international auf wissenschaftlichen Konferenzen bzw. Projektbesprechungen in Firmen üblichen audiovisuellen Form. Dies ist ein ganz wesentliches Element der Persönlichkeitsbildung und der Befähigung zu einer Aufnahme einer qualifizierten Erwerbstätigkeit in Wissenschaft oder Wirtschaft gleichermaßen.</p>
Qualifikationsziele	Die Studierenden lernen wissenschaftlich zu arbeiten. Dazu gehört Literaturrecherche, Probenvorbereitung, Messungen, Auswertung von gewonnenen Daten und die Erstellung einer wissenschaftlichen Abhandlung (Masterarbeit) sowie die Präsentation der eigenen Ergebnisse (Seminarvortrag).

Form der Modulprüfung	Schriftlich verfasste Masterarbeit mit mündlicher Präsentation dieser in einem Seminarvortrag.
Art der Bewertung	Das Modul ist benotet.
Voraussetzung für die Vergabe von ECTS-Punkten	Die ECTS-Punkte werden vergeben bei Bestehen der dem Modul zugeordneten Modulprüfung (bzw. der zugeordneten Pflicht- und ggf. Wahlpflichtprüfungsteile).
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. W. Schmahl
Unterrichtssprache(n)	Deutsch und/oder Englisch
Sonstige Informationen	