

# Der M.Sc. Geowissenschaften in Münster

Seit dem Wintersemester 2016/17 kann zwischen zwei Studienpfaden für den Masterstudiengang Geowissenschaften in Münster gewählt werden:

- Ein breit gefächertes Masterstudium der Geowissenschaften mit freier Wahl von Modulen aus dem gesamten Angebot des Masterstudiengangs.
- Ein Masterstudium mit Schwerpunktbildung, bei dem eine Anzahl von Veranstaltungen vorgegeben ist.

Soll das Studium mit einem Schwerpunkt abgeschlossen werden, muss dies nicht vor Beginn des Studiums angekündigt werden. Erst nach Abschluss des Masterstudiums wird überprüft, ob die Voraussetzungen für einen Schwerpunkt erfüllt wurden und der Schwerpunkt kann auf dem Zeugnis vermerkt werden.

In Münster stehen folgende Schwerpunkte zur Auswahl:

- **Erdoberflächenprozesse/Earth Surface Processes**
- **Geochemie/Geochemistry**
- **Mineralogie und Mineralphysik/Mineralogy and Mineral Physics**
- **Paläobiologie und Paläoumwelt/Palaeobiology and Palaeoenvironment**
- **Petrologie und Lagerstättenkunde/Petrology and Economic Geology**
- **Planetologie/Planetology**
- **Umweltschadstoffe/Environmental Pollutants**

Für alle Studienverläufe gilt der folgende allgemeine Studienverlaufsplan (Abb. 1):

A l l g e m e i n e r   S t u d i e n v e r l a u f s p l a n				
WiSe	Wahl von Modulen im Umfang aus dem gesamten Angebot der geowissenschaftlichen Fächer im Umfang von 45 LP (inkl. Ergänzungs- und Berufspraktikumsmodul E1)  oder  Wahl von Schwerpunktmодulen im Umfang von 30 LP + freie Wahl von Modulen aus dem restlichen Angebot der geowissenschaftlichen Fächer im Umfang von 15 LP (inkl. Ergänzungs- und Berufspraktikumsmodul E1)		P 1	P 2
SoSe			Gelände- ausbildung	Orientierung und Präsentation
			9 LP	6 LP
WiSe	Forschungsmethoden in den Geowissenschaften 12 LP	Organisatorische Aspekte der geowissenschaftlichen Forschung 12 LP		6 LP
SoSe	M a s t e r a r b e i t 27 LP			P3 Geowissen- schaftliches Arbeiten 9 LP 3 LP
W a h l p f l i c h t f ä c h e r		P f l i c h t f ä c h e r		

Abb. 1: Allgemeiner Studienverlaufsplan für den Masterstudiengang Geowissenschaften in Münster.

## Studium ohne Schwerpunktbildung

Bei einem Masterstudium Geowissenschaften ohne Schwerpunktbildung können verschiedene Module inklusive des E1 Ergänzungs- und Berufspraktikumsmoduls (vgl. Abbildung 1) frei aus dem gesamten Angebot des Masterstudiengangs Geowissenschaften (Modul M1 bis Modul M38 sowie Modul E1) gewählt werden. Die gewählten Module müssen zusammen 45 Leistungspunkte ergeben.

Ein Studium ohne Schwerpunktbildung ist z. B. für Studierende geeignet, die sich auf zwei Themenbereichen weiterbilden oder ein breites geowissenschaftliches Verständnis erlangen möchten. Weiterhin ist es für Studierende, die während eines Praktikums oder bei der Anfertigung der Bachelorarbeit bereits Kontakte zu externen Institutionen geknüpft haben und in Zusammenarbeit mit diesen ihre Masterarbeit anfertigen wollen, die Institutionen aber nicht einem der Schwerpunkte zugeordnet werden können, zu empfehlen.

Absolventen mit einem Studium ohne Schwerpunkte haben die Fähigkeit, Fragestellungen im komplexen System Erde zu bearbeiten. Sie sind in der Lage, selbstständig Forschungsarbeiten mit höchster Qualität durchzuführen, verfügen über ein breites Fachwissen und sind exemplarisch tief in den aktuellen Stand der geowissenschaftlichen Forschung vorgedrungen. Die breite Ausbildung ermöglicht es diesen Studierenden sich in eine Vielzahl von Fragestellungen einzuarbeiten und Aspekte aus verschiedenen Bereichen der Geowissenschaften zur Lösung heranzuziehen.

Wenn Sie sich für ein Studium **mit Schwerpunktbildung** interessieren, können Sie auf den nächsten Seiten die Beschreibungen und Strukturen der sieben Schwerpunkte in Münster finden.

## **Erdoberflächenprozesse/Earth Surface Processes**

Schwerpunktverantwortliche: Prof. Dr. Laura Stutenbecker

### *Lehrinhalte*

Der Schwerpunkt „Erdoberflächenprozesse“ vermittelt ein grundlegendes Verständnis des Zusammenwirkens endogener und exogener Prozesse in der Gebirgsbildung und der Entwicklung von Sedimentsystemen. Die Wechselwirkungen zwischen Gebirgsbildung, Verwitterung und Materialtransfer von Quellen (Erosionsgebiete) zu Senken (Sedimentbecken) sind plattentektonisch und klimatisch beeinflusst, und beeinflussen ihrerseits das Klima im Sinne einer Rückkopplung. In diesem Kontext spielt die Analyse von sedimentären Archiven eine zentrale Rolle, um Umweltveränderungen der Erdgeschichte („global change“) zu rekonstruieren und die wichtigsten Treiber dieser Veränderungen zu identifizieren.

Es wird eine vertiefte Einsicht in die bei der morphologischen Gestaltung der Festlandsoberfläche wirksamen Faktoren (z.B. Tektonik, Klima, anthropogene Einflüsse) erzielt. Die Bedeutung sedimentärer Ablagerungen als Archive von Umweltveränderungen wird anhand verschiedener Fallbeispiele verdeutlicht. Dabei werden Methoden zur Charakterisierung von Sedimenteigenschaften (z.B. mittels Granulometrie, Geochemie, Mineralogie) sowie zur Quantifizierung von Sedimentflüssen vermittelt. Durch die Analyse von Sedimentkernen und anderen geologischen Proxydaten können Veränderungen im Klimasystem und ihre Auswirkungen auf die Erdoberfläche über verschiedene Zeiträume hinweg nachverfolgt werden. Alle wichtigen Methoden zur Datierung geomorphologischer Marker, zur Quantifizierung von Raten von Veränderungen der Erdoberfläche und zur Datierung von quartären Sedimenten werden vorgestellt (Theorie und Anwendung kosmogener Nuklide sowie Spaltspur-, Lumineszenz- und Radiokarbon-Datierungen). Das Wachstum von Falten, Störungen und Bergketten sowie der Erdbebenzyklus bilden wichtige Bausteine des Moduls.

### *Erworbene Kompetenzen*

Die Studierenden verfügen über zentrale Kenntnisse und Fähigkeiten zu Analyse und zum Verständnis des globalen Wandels. Sie sind in der Lage, vergangene Umweltverhältnisse anhand sedimentärer Archive zu rekonstruieren und die Auswirkungen klimatischer und tektonischer Veränderungen auf die Erdoberfläche zu bewerten. Sie beherrschen die grundlegenden Methoden zur Quantifizierung und Modellierung von Erdoberflächenprozessen (z.B. Hebung, Bewegung an Störungen, „base-level“-Änderungen, Sedimenttransfer- und

ablagerung) und ihrer Interpretation. Die Studierenden sind in der Lage, numerische und analytische Methoden zur Quantifizierung von Verformung, Exhumation, Erosion und Sedimentbudgets auf unterschiedlichen Zeitskalen souverän einzusetzen. Durch die Integration von Datensätzen aus sedimentären Archiven und anderen geologischen Untersuchungen (Petrographie, Petrologie etc.) verstehen sie die historische Dimension der Landschaftsveränderung (Deformation und Erosion) und ihre Beziehung zu klimatischen Prozessen. Sie sind in der Lage, die Entwicklung von Sedimenttransfersystemen und der Zusammensetzung von Sedimenten als Ausdruck dieser Veränderung zu bewerten.

Insgesamt erreichen die Studierenden über holistische Analysen ein grundlegendes Verständnis tektonischer und klimatischer Prozesse (Gebirgsbildung, Klimazyklen, etc.) und ihrer Wirksamkeit über unterschiedliche Zeitskalen. Sie beherrschen einen methodischen Werkzeugkasten, der essentiell ist für Rekonstruktionen vergangener Erdoberflächenprozesse, für die Charakterisierung der heutigen Erdoberfläche (einschließlich der Bewertung von z.B. Erdbebengefährdung und der Verbreitung von Umweltschadstoffen und Ressourcen in sedimentären Systemen) sowie für Projektionen zukünftiger Änderungen (z.B. im Zuge des menschengemachten Klimawandels).

Fach-semester	Schwerpunkt Erdoberflächenprozesse				Pflichtfächer		Geowissenschaftliche Ergänzungsfächer
WiSe	Pflichtbereich				P 1	P 2	Wahl von Modulen aus dem weiteren Angebot des Studiengangs M.Sc. Geowissenschaften (inkl. E 1)  Module, die <b>nicht</b> gewählt werden können: <b>M2, M6a und M6b, M26a, M26b und M35</b>  <b>MTP/MAP insgesamt 15 LP</b>
	M6b  Aktive Tektonik und Geomorphologie  MAP 5 LP		M26a  Sediment-petrographie  MAP 5 LP		Gelände-Ausbildung	Orientierung und Präsentation	
SoSe	M2  Biogeochemie mariner Sedimente  MAP 5 LP	M6a  Sedimentäre Systemanalyse  MAP 5 LP	M26b  Quantifizierung von Erdoberflächenprozessen  MAP 5 LP	M35  Erdsystemmodellierung  MAP 5 LP			MTP 9 LP

→ das 3. und 4. Semester sind bei allen Schwerpunkten gleich (vgl. allgemeiner Studienverlauf)

**Abb.2: Graphische Darstellung des 1. und 2. FS des Schwerpunkts Erdoberflächenprozesse.**

- verpflichtende Wahl der Module M6a Sedimentäre Systemanalyse, M6b Aktive Tektonik und Geomorphologie, M2 Biogeochemie Mariner Sedimente, M35 Erdsystemmodellierung und M26a Sedimentpetrographie, M 26b Quantifizierung von Erdoberflächenprozessen
- freie Wahl von weiteren Wahlpflichtmodulen im Umfang von 15 LP

# Geochemie/Geochemistry

Schwerpunktverantwortlicher: Prof. Dr. Andreas Stracke

## Lehrinhalte

Der Schwerpunkt "Geochemie" vermittelt, wie geochemische Methoden angewandt werden, um geologische Fragestellungen zu untersuchen. Die Studierenden erlernen die theoretischen und praktischen Grundlagen zur Nutzung von radioaktiven und stabilen Isotopen, mit dem Ziel die Alter, Geschwindigkeiten, und Mechanismen geologischer Prozesse zu bestimmen. Diese Grundlagen werden im Rahmen vielfältiger Anwendungsmöglichkeiten vertieft. Diese reichen von Umwelt und Klima bezogenen Themen, der Erforschung globaler biogeochemischer Kreisläufe, der geochemischen Entwicklung und Differentiation der Erde, bis hin zur Entstehung des Sonnensystems und der Planeten.

## Erworbene Kompetenzen

Im Schwerpunkt „Geochemie“ werden theoretische und praktische Kenntnisse zur Gewinnung und Handhabung geochemischer Daten und der quantitativen Lösung geologischer Fragestellungen vermittelt. Die Studierenden lernen geochemische Daten selbständig zu analysieren und kritisch zu bewerten und erwerben die grundlegenden Kenntnisse zur selbstständigen Vorbereitung und Durchführung vielfältiger geochemischer Analyseverfahren. Die Studierenden erwerben

Fachsemester	S c h w e r p u n k t   G e o c h e m i e				P f l i c h t f ä c h e r		Geowissenschaftliche Ergänzungsfächer
WiSe	<div>M27</div> <div>Radiogene Isotopengeochemie</div> <div>5 LP</div>				P 1	P 2	Wahl von Modulen aus dem weiteren Angebot des Studiengangs M.Sc. Geowissenschaften (inkl. E 1)  Module, die <b>nicht</b> gewählt werden können: <b>M9, M15, M16, M27, M28, M34</b>  <b>insgesamt 15 LP</b>
SoSe	<div>M9</div> <div>Geo-chronologische Arbeitsmethoden</div> <div>5 LP</div>	<div>M15</div> <div>Isotopen-geologie</div> <div>5 LP</div>	<div>M21</div> <div>Mineralphysik des Erdkerns und -mantels</div> <div>5 LP</div>	<div>M28</div> <div>Schwere Stabile Isotopen-geochemie</div> <div>5 LP</div>	Gelände-Ausbildung 9 LP	Orientierung und Präsentation 6 LP	

→ das folgende Studienjahr ist bei allen Schwerpunkten gleich (vgl. allgemeiner Studienverlauf)

**Abb. 3: Graphische Darstellung des 1. und 2. FS des Schwerpunkts Geochemie**

analytische Kenntnisse, die sie in ihrer weiteren akademischen und beruflichen Laufbahn vielfältig einsetzen können.

- verpflichtende Wahl der Module M21 Mineralphysik des Erdkerns und -mantels, M27 Radiogene Isotopengeochemie, M34 Umweltisotope, M9 Geochronologische Arbeitsmethoden, M15 Isotopengeologie und M28 Moderne Stabile Isotopengeochemie
- freie Wahl von weiteren Wahlpflichtmodulen im Umfang von 15 LP

## **Mineralogie und Mineralphysik/Mineralogy and Mineral Physics**

Schwerpunktverantwortliche: Prof. Dr. Carmen Sanchez Valle

### *Lehrinhalte*

Der Schwerpunkt „Mineralogie und Mineralphysik“ befasst sich mit den physikalischen, chemischen und strukturellen Eigenschaften von planetaren und künstlichen anorganischen Materialien unter verschiedensten Bedingungen (Druck, Temperatur, Zusammensetzung). Er untersucht die Kristallographie und physikalischen Eigenschaften der wichtigsten gesteinsbildenden Minerale, die Mechanismen der Phasenumwandlung unter Hochdruck- und/oder Hochtemperatur-Bedingungen sowie deren Einfluss auf die Entstehung und Dynamik des Erdmantels und -kerns. Daneben beschäftigt sich der Schwerpunkt mit den Eigenschaften von Industriemineralen und ihrem Einfluss auf Prozesse in der Industrie. Das Ziel des Schwerpunktes ist ein tiefgehendes Verständnis der Dynamik von Prozessen zu vermitteln, die die Entwicklung und Struktur des Erdinneren heute und während der Erdentstehung beeinflussen.

The specialization path “Mineralogy and Mineral Physics” addresses the physical, chemical and structural properties of planetary and anorganic materials under a variety of conditions (pressure, temperature, composition). The path examines the crystal chemistry and physical properties of the main rock-forming minerals, as well as the mechanisms of phase transitions under high P and/or high T conditions, and how they affect the evolution and dynamics of the Earth’s mantle and core. Moreover, the properties of industrial minerals and how they affect industrial processes will be examined. The aim of the specialization path is to provide an in-depth understanding of the dynamic processes that shape the present-day evolution and structure of the Earth’s interior and during Earth’s formation stages.

### *Erworbene Kompetenzen*

Die Studierenden bekommen die wichtigsten physikalischen, chemischen und mineralogischen Prozesse, die die Eigenschaften (z. B. Härte, Elastizität oder elektrische Leitfähigkeit) und das Verhalten von Mineralen, Gesteinen und Baustoffen verändern, vermittelt. In Grundlagenveranstaltungen der Geochemie, Seismologie der tiefen Erde und Geodynamik erhalten die Studierenden das nötige interdisziplinäre Hintergrundwissen um die Struktur, Zusammensetzung, Dynamik und seismischen Eigenschaften der Erde zu verstehen. Der Schwerpunkt versetzt die Studierenden in die Lage selbstständig komplexe Fragestellungen der Hochdruck-/Hochtemperatur-Forschung, der Mineralindustrie und



Materialprüfung zu lösen. Die Studierenden können Experimente zu physikalischen und chemischen Eigenschaften von Mineralen unter verschiedensten Bedingungen selbstständig planen und durchführen sowie die Ergebnisse bewerten und interpretieren. Damit sind die Studierenden sowohl für einen wissenschaftlichen Werdegang in der Erforschung der tiefen Erde als auch für Arbeitsbereiche in der Mineral- und Materialindustrie vorbereitet.

The students will learn about the most important physical, chemical and mineralogical processes that affect the properties (e.g., strength, elasticity or electric conductivity) and behavior of minerals, rocks and industrial materials. Through the introductory lectures on geochemistry, deep Earth seismology and geodynamics, the students will gain the necessary interdisciplinary background to understand the structure, composition, dynamics and seismic properties of the planet. The path enables the students to independently solve complex issues in the HP/HT research, the mineral industry and in material control processes. The students will acquire the competence to design and perform experiments to determine the physical and chemical properties of minerals under a variety of conditions, and to evaluate and interpret their results. These skills will prepare the students for a future scientific career in topics related to the deep Earth or for a future career in the mineral/ material industry.

Fachsemester	Schwerpunkt Mineralogie und Mineralphysik				Pflichtfächer	Geowissenschaftliche Ergänzungsfächer
WiSe	Kernbereich		Wahlbereich		P 1	P 2
	M24  Physik und Chemie des Erdinneren  MAP 5 LP	M25  Physikalische Eigenschaften von Mineralen  MAP 5 LP	M4  Elektronenmikroskopie in den Geowissenschaften  MAP 5 LP	M32  Theoretische Petrologie  MAP 5 LP	Gelände-Ausbildung	Orientierung und Präsentation
SoSe	M1  Angewandte Mineralogie und Petrologie  MAP 5 LP	M21  Mineralphysik des Erdkerns und -mantels  MAP 5 LP	M8  Experimentelle Petrologie und Geochemie  MTP 5 LP	M22  Nanoanalytik in den Geo- und Materialwissenschaften  MAP 5 LP		
	UND				MTP 9 LP	MTP 6 LP
pro Semester muss eines der möglichen Module gewählt werden (je 5 LP pro Semester)						

→ das 3. und 4. Semester sind bei allen Schwerpunkten gleich (vgl. allgemeiner Studienverlauf)

Abbildung 4: Graphische Darstellung des 1. und 2. FS des Schwerpunkts Mineralogie und Mineralphysik.

- verpflichtende Wahl der Module M24 Physik und Chemie des Erdinneren, M25 Physikalische Eigenschaften von Mineralen, M21 Mineralphysik des Erdkerns und –mantels, M1 Angewandte Mineralogie und Petrologie
- Wahl von einem der Module M4 Elektronenmikroskopie in den Geowissenschaften und M32 Theoretische Petrologie
- Wahl von einem der Module M8 Experimentelle Petrologie und Geochemie und M22 Nanoanalytik in den Geo- und Materialwissenschaften
- freie Wahl von weiteren Wahlpflichtmodulen im Umfang von 15 LP

## **Paläobiologie und Paläoumwelt/Palaeobiology and Palaeoenvironment**

Schwerpunktverantwortlicher: Prof. Dr. Ralph Thomas Becker

### *Lehrinhalte*

Der Schwerpunkt „Paläobiologie und Paläoumwelt“ beinhaltet die paläobiologische und paläoökologische Analyse von Fossilien und fossilführenden Gesteinen mit dem Ziel die Lebensweise fossiler Organismen, Faunen- und Florenschnitte zu verstehen sowie Ablagerungs- und Lebensräumen und das Paläoklima zu rekonstruieren. Evolutive Abläufe werden in den Kontext der Entwicklung des Systems Erde gestellt, insbesondere im Licht der Wechselbeziehungen zwischen Geo-, Bio-, Hydro- und Atmosphäre. Auch Aspekte der angewandten Paläontologie, wie zum Beispiel Biostratigraphie, gesteinsbildende Fossilien (u. a. Karbonate, Riffe) sowie fossile Energieträger werden behandelt. Die Lehre erfolgt durch Vorlesungen und Übungen anhand der umfangreichen Lehr- und Forschungssammlungen, durch Mikroskopier-Kurse, Seminare zu aktuellen Themen, Laborübungen und im Gelände. In Münster bestehen dafür besonders gute Ausgangsvoraussetzungen, da die Arbeitsgruppen für Paläozoologie, Paläobotanik und sedimentäre Geochemie interdisziplinär Beiträge zur Lehre leisten.

### *Erworbene Kompetenzen*

Die Studierenden erlangen ein vertieftes Wissen der Terminologie, Systematik, Nomenklatur, Phylogenie, Evolution, Paläoökologie und Biostratigraphie. Sie können Fossilien bestimmen, beschreiben und in den evolutiven Kontext einordnen. Sie sind in der Lage, wissenschaftliche Literatur zu erfassen, kritisch zu beurteilen und als Grundlage für die eigene Forschung zu nutzen. Die Studierenden können anhand von Fossilvergesellschaftungen und Biofaziesanalysen Ablagerungs- und Lebensräume rekonstruieren. Wichtige Methoden sind u. a. Profilaufnahmen und Probennahme im Gelände, die Herstellung und Analyse von Dünn- und Anschliffen, Mikropaläontologie, Palynologie, Kutikularanalyse sowie die sedimentäre Geochemie. Sie haben im Rahmen ihrer Masterarbeit gelernt, den Forschungsstand zu einem exemplarischen Thema in der Tiefe zu erfassen und die erlernten analytischen Methoden erfolgreich angewandt, um neue oder bisher wenig bearbeitete Fossilien nach Stand der Kenntnis zu dokumentieren, eine Fossilagerstätte oder biogen beeinflusste Sedimentabfolge zu interpretieren oder um neue evolutive oder paläobiologische Erkenntnisse bei einer Fossilgruppe zu erlangen. Absolventen sind qualifiziert, eine akademische Karriere zu verfolgen, oder als Paläontologen in Museen, in geowissenschaftlichen Ämtern, dem geologischen Denkmalsschutz sowie in der Industrie zu arbeiten.

Fachsemester	Schwerpunkt Paläobiologie und Paläoumwelt			Pflichtfächer		Geowissenschaftliche Ergänzungsfächer
WiSe	<b>M7</b>  Evolution und fossile Lebensräume  <b>MAP</b> 5 LP	<b>M29</b>  Spezielle Themen der Paläobotanik  <b>MAP</b> 5 LP	<b>M30</b>  Spezielle Themen der Paläozoologie  <b>MTP</b> 5 LP	<b>P 1</b>  Gelände-Ausbildung  <b>MTP</b> 9 LP	<b>P 2</b>  Orientierung und Präsentation  <b>MTP</b> 6 LP	Wahl von Modulen aus dem weiteren Angebot des Studiengangs M.Sc. Geowissenschaften (inkl. E 1)  Module, die <b>nicht</b> gewählt werden können: <b>M2, M7, M14, M29, M30, M31</b>  <b>MTP/MAP insgesamt 15 LP</b>
SoSe	<b>M2</b>  Biogeochemie mariner Sedimente  <b>MAP</b> 5 LP	<b>M14</b>  Invertebraten-Paläontologie  <b>MAP</b> 5 LP	<b>M31</b>  Taxonomie und Nomenklatur fossiler Pflanzen  <b>MAP</b> 5 LP			

→ das 3. und 4. Semester sind bei allen Schwerpunkten gleich (vgl. allgemeiner Studienverlauf)

**Abbildung 5: Graphische Darstellung des 1. und 2. FS des Schwerpunkts Paläobiologie und Paläoumwelt.**

- verpflichtende Wahl der Module M7 Evolution und fossile Lebensräume, M29 Spezielle Themen der Paläobotanik, M30 Spezielle Themen der Paläontologie, M2 Biogeochemie mariner Sedimente, M14 Invertebraten-Paläontologie, M31 Taxonomie und Nomenklatur fossiler Pflanzen
- freie Wahl von weiteren Wahlpflichtmodulen im Umfang von 15 LP

### *Lehrinhalte*

Im Schwerpunkt “Petrologie und Lagerstättenkunde” werden petrologische, mineralogische und geochemische Prozesse in der Lithosphäre behandelt, die zur Entstehung von magmatischen und metamorphen Gesteinen führen. Weiterhin werden grundlegende und tiefergehende Aspekte der Lagerstättenkunde thematisiert. Die Studierenden lernen moderne geowissenschaftliche Methoden zur Bearbeitung von petrologischen und lagerstättenkundlichen Fragestellungen kennen, die sie dann im Zuge ihrer Masterarbeit praktisch anwenden können. Angestrebt wird eine enge Verknüpfung von Naturbeobachtungen (Gelände, Handstück, Dünnschliff) mit theoretischen Grundlagen sowie analytischen und experimentellen Methoden (z. B. Elektronenstrahlmikrosonde, LA-ICP-MS, TEM, Laborexperimente). Übergeordnetes Ziel ist die Vermittlung von Fachwissen und Arbeitstechniken, die es erlauben, die physikalisch-chemischen Bildungsbedingungen von Gesteinen abzuleiten und petrogenetische Fragestellungen zu beantworten.

### *Erworbene Kompetenzen*

Die Studierenden sind in der Lage ihr theoretisches Wissen auf praktische Fragestellungen anzuwenden und zu entscheiden, welche Lösungsansätze herangezogen werden können. Sie beherrschen die grundlegenden Methoden zur Analyse von Gesteinen, ihrer chemischen Zusammensetzung und Eigenschaften (z. B. SEM, LA-ICP-MS), kennen die grundlegenden Auswertemethoden um die erhobenen Daten zu verarbeiten (z. B. CIPW-Norm, Normierung gegen verschiedene Standards) und können diese interpretieren (z. B. Rückschlüsse auf die Entstehung der Gesteine und die Entstehungsbedingungen ziehen). Sie können durch ein breites geowissenschaftliches Verständnis ihre Daten in einem interdisziplinären Rahmen diskutieren.

Die gute Kenntnis von Analyse- und Auswertungsmethoden befähigt die Studierenden einerseits zur Beschäftigung in der Forschung, andererseits aber auch in vielen Bereichen der Industrie (z. B. Werkstoffprüfung, Baustoffuntersuchung).

Fachsemester	Schwerpunkt Petrologie und Lagerstättenkunde					Pflichtfächer		Geowissenschaftliche Ergänzungsfächer
WiSe	Kernbereich			Wahlbereich		P 1  Gelände-Ausbildung  MTP 9 LP	P 2  Orientierung und Präsentation  MTP 6 LP	Wahl von Modulen aus dem weiteren Angebot des Studiengangs M.Sc. Geowissenschaften (inkl. E 1)  Module, die nicht gewählt werden können: <b>M1, M4, M8, M17, M18, M21, M22, M24, M32</b>  <b>MTP/MAP</b> insgesamt 15 LP
	M4  Elektronenmikroskopie in den Geowissenschaften  MAP 5 LP	M18  Metamorphe Petrologie  MAP 5 LP	M32  Theoretische Petrologie  MAP 5 LP	M24  Physik und Chemie des Erdinneren  MAP 5 LP	M4, M8, M17, M18 oder M32  (wenn nicht im Kernbereich gewählt)  MTP/MAP			
SoSe	M8  Experimentelle Petrologie und Geochemie  MTP 5 LP	M17  Lagerstättenkunde  MAP 5 LP	M1  Angewandte Mineralogie und Petrologie  MAP 5 LP	M21  Mineralphysik des Erdkerns und -mantels  MAP 5 LP	M22  Nanoanalytik in den Geo- und Materialwissenschaften  MAP 5 LP			
	Wahl von 4 der 5 Module			Wahl von 2 der 5 Module				

→ das 3. und 4. Semester sind bei allen Schwerpunkten gleich (vgl. allgemeiner Studienverlauf)

Abbildung 6: Graphische Darstellung des 1. und 2. FS des Schwerpunkts Petrologie und Lagerstättenkunde.

- verpflichtende Wahl von vier der Module M4 Elektronenmikroskopie in den Geowissenschaften, M18 Metamorphe Petrologie, M32 Theoretische Petrologie, M8 Experimentelle Petrologie und Geochemie, M17 Lagerstättenkunde (Kernbereich)
- Wahl von zwei der Module M1 Angewandte Mineralogie und Petrologie, M24 Physik und Chemie des Erdinneren, M21 Mineralphysik des Erdkern und –mantels, M22 Nanoanalytik in den Geo- und Materialwissenschaften sowie des Moduls, dass im Kernbereich nicht gewählt wurde
- freie Wahl von weiteren Wahlpflichtmodulen im Umfang von 15 LP

### *Lehrinhalte*

Der Schwerpunkt "Planetologie" vermittelt ein grundlegendes Verständnis der Bildung und chemischen Differenzierung der Planeten und ihrer geologischen Entwicklung. Es vermittelt ausgehend von der Entstehung und dynamischen Entwicklung des Sonnensystems die Bildung der inneren und äußeren Planeten. Dabei wird die Frühgeschichte des Sonnensystems und der inneren Planeten anhand von Untersuchungen an Meteoriten, Mondproben und terrestrischen Gesteinen vermittelt, wobei wichtige kosmo- und geochemische Prozesse erlernt und verknüpft werden. Die Datierung dieser Prozesse mit Hilfe von kurz- und langlebigen Radionukliden wird beispielhaft erlernt und in eine Chronologie des frühen Sonnensystems, von der Entstehung der ersten festen Materie bis hin zur chemischen Differenzierung der Erde und der Bildung des Erdmondes, zusammengefasst. Bei der Rekonstruktion der geologischen Entwicklung der Planeten kommt insbesondere die vergleichende Planetologie zum Tragen, welche geologische Prozesse auf den einzelnen Körpern des Sonnensystems untersucht und im Kontext diskutiert. Ziel ist es, geologische Prozesse im Sonnensystem qualitativ und quantitativ zu verstehen und die geologische Entwicklung der planetaren Körper (Planeten, Monde, Asteroiden, Kometen) im Detail zu untersuchen. Die Studierenden werden an die Erforschung planetarer Oberflächenprozesse heran- und in die Auswertung planetarer Missionsdaten eingeführt. Insbesondere werden physikalisch/chemisch/fernerkundliche Grundlagen vermittelt und ihre Anwendung an Fallbeispielen trainiert. Ein direkter Bezug zu den gegenwärtigen planetaren Raumfahrtmissionen gewährleistet die Aktualität des Schwerpunktes und ermöglicht es den Studierenden, Erfahrungen im Umgang mit Missionsdaten aus erster Hand zu sammeln. Methodische Schwerpunkte liegen wahlweise auf dem Gebiet der Kosmochemie und Planetaren Geochemie oder der Geologischen Planetologie und Fernerkundung. Die Studierenden können innerhalb des Schwerpunktes zwischen diesen beiden Themenbereichen wählen und diese im 2. Fachsemester in der "Speziellen Planetologie" vertiefen.

### *Erworbene Kompetenzen*

Die Studierenden verfügen über zentrale Kenntnisse und Fähigkeiten zur Analyse und zum Verständnis der grundlegenden Prozesse bei der Bildung, chemischen Differenzierung und geologischen Entwicklung der Planeten. Sie beherrschen die grundlegenden kosmochemischen, geo-

chemischen und fernerkundlichen Methoden zur Analyse dieser Prozesse und ihrer Interpretation in Bezug auf die Frühgeschichte des Sonnensystems und die Entwicklungsgeschichte der Planeten. Die Studierenden sind in der Lage, die erlernten Methoden zur Quantifizierung von 1) Transportprozessen im solaren Nebel, 2) planetarer Akkretion und Differenzierung (Kernbildung, Bildung und Kristallisation von Magmaozeanen), 3) Bildungsaltern planetarer Oberflächen und 4) geologischen Prozessen auf Planetenoberflächen einzusetzen. Die Studierenden sind in der Lage durch die Integration verschiedener Datensätze (Kosmochemie, Geochemie, Petrologie, Fernerkundung, GIS, Weltraummissionen) aktuelle Modelle für die Entstehung und Frühgeschichte von Erde und Mond zu verstehen und quantitativ zu bewerten. Zudem können die Studierenden dieses Wissen selbständig auf andere planetare Körper anwenden. Insgesamt erreichen die Studierenden damit ein umfassendes Verständnis kosmochemischer und planetologischer Prozesse (Elementverteilung im Sonnensystem und den Planeten, Akkretion der Planeten, Kernbildung, Datierungsmethoden, geologische Prozesse auf Planetenoberflächen, Kraterbildung) und beherrschen die nötigen Methoden, um diese Prozesse quantitativ zu bewerten.

Fachsemester	Schwerpunkt Planetologie				Pflichtfächer	Geowissenschaftliche Ergänzungsfächer	
WiSe	Pflichtbereich	Wahlpflichtbereich			P 1  Gelände-Ausbildung  9 LP	P 2  Orientierung und Präsentation  6 LP	Wahl von Modulen aus dem weiteren Angebot des Studiengangs M.Sc. Geowissenschaften (inkl. E 1)  Module, die <b>nicht</b> gewählt werden können: <b>M5, M10, M11, M16, M19, M36, M37, M38</b>  <b>insgesamt 15 LP</b>
	M10  Geologische Planetologie I  5 LP	M19  Methoden der geologischen Planetologie  5 LP					
	M16  Kometen  5 LP	M36  Experimente in der Planetologie  5 LP	M37  Wissenschaftliches Programmieren  5 LP	M38  Meteorite  5 LP			
SoSe	M5  Aktuelle Themen der Planetologie  5 LP						
	M11  Geologische Planetologie II  10 LP  Freie Wahl im Umfang von 15 LP						

→ das 3. und 4. Semester sind bei allen Schwerpunkten gleich (vgl. allgemeiner Studienverlauf)

Abbildung 7: Graphische Darstellung des 1. und 2. FS des Schwerpunkts Planetologie.



- verpflichtende Wahl der Module M10 Geologische Planetologie I, M16 Kometen und M5 Aktuelle Themen der Planetologie
- freie Wahl von zwei bzw. drei der Module M11 Geologische Planetologie II, M19 Methoden der geologischen Planetologie, M36 Experimente in der Planetologie, M37 Wissenschaftliches Programmieren, M38 Meteorite
- freie Wahl von weiteren Wahlpflichtmodulen im Umfang von 15 LP

### *Lehrinhalte*

Oberflächen — wie Grundwässer — sind in zunehmendem Maße durch anthropogene Einträge beeinflusst, die sowohl organischer als auch anorganischer Natur sind. Der Themenschwerpunkt „Umweltschadstoffe“ legt den Fokus auf die vielfältigen organischen Belastungen der Umwelt. Es werden sowohl das Umweltverhalten organischer Schadstoffe behandelt, als auch die analytischen Möglichkeiten und Herausforderungen des Nachweises solcher Stoffe in Wässern, Böden und Sedimenten. Hinzu kommen die Diskussion über natürliche Abbauewege, die u. a. mittels Isotopenanalytik untersucht werden, sowie die Entwicklung von Sanierungsstrategien. Zusätzlich werden z. B. Aspekte der Grundwasserhydraulik und Umweltmikrobiologie, Ökotoxikologie und des Umweltrechts integriert.

Wissensvermittlung erfolgt über Vorlesungen, Praktika und Exkursionen. Die eigenständige Anwendung des Erlernten durch die Studierenden erfolgt in theoretischer Form durch Seminarbeiträge und in praktischer Form im Rahmen einer Projektarbeit.

### *Erworbene Kompetenzen*

Das Studium des Schwerpunkts „Umweltschadstoffe“ versetzt die Studierenden in die Lage, Umweltschadstoffe zu erkennen und nachzuweisen. Sie können selbstständig Analysen z. B. mit Massenspektrometern und Chromatographen im Labor durchführen und kompetent Proben im Gelände selbst entnehmen. Sie können die Plausibilität von Messwerten beurteilen und kennen die Eigenschaften der wichtigsten Schadstoffklassen. Sie können Sanierungstechniken sinnvoll auswählen. Sie lernen umweltgeowissenschaftliche Forschungsprojekte selbstständig zu planen, umzusetzen und abzuschließen. Absolventen/innen mit dem Studienschwerpunkt „Umweltschadstoffe“ sind damit besonders für die Durchführung von Forschungsprojekten im umweltgeowissenschaftlichen Bereich sowie für Tätigkeiten in der freien Wirtschaft oder Behörden im Umweltbereich befähigt.

Fachsemester	Schwerpunkt Umweltschadstoffe			Pflichtfächer	Geowissenschaftliche Ergänzungsfächer	
	Pflichtbereich			P 1	P 2	
WiSe	<div>M13</div> <div>Grundwasserströmungen</div> <div>MAP 5 LP</div>	<div>M34</div> <div>Umweltisotope</div> <div>MAP 5 LP</div>	<div>M20</div> <div>Mikrobielle und anorganische Stoffumsätze in aquatischen Systemen</div> <div>MTP 5 LP</div>	Gelände-Ausbildung	Orientierung und Präsentation	<div>Wahl von Modulen aus dem weiteren Angebot des Studiengangs M.Sc. Geowissenschaften (inkl. E 1)</div> <div>Module, die <b>nicht</b> gewählt werden können: <b>M13, M20, M23, M33, M34</b></div> <div>MTP/MAP insgesamt 15 LP</div>
SoSe	<div>M23</div> <div>Umweltverhalten und Sanierung Organischer Schadstoffe</div> <div>MAP 5 LP</div>	<div>M33</div> <div>Umweltchemisches Praktikum und Projektarbeit</div> <div>MAP 10 LP</div>				
				MAP 9 LP	MAP 6 LP	

→ das 3. und 4. Semester sind bei allen Schwerpunkten gleich (vgl. allgemeiner Studienverlauf)

**Abbildung 8: Graphische Darstellung des 1. und 2. FS des Schwerpunkts Umweltschadstoffe.**

- verpflichtende Wahl der Module M13 Grundwasserströmung, M20 Mikrobielle und anorganische Stoffumsätze in aquatischen Systemen, M23 Umweltverhalten und Sanierung Organischer Schadstoffe, M34 Umweltisotope und M33 Umweltchemisches Praktikum und Projektarbeit
- freie Wahl von weiteren Wahlpflichtmodulen im Umfang von 15 LP