



Studiengangsdokumentation

Masterstudiengang Ingenieur- und Hydrogeologie

Ingenieurfacultät Bau Geo Umwelt

Technische Universität München

Bezeichnung	Ingenieur- und Hydrogeologie
Organisatorische Zuordnung	Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt
Abschluss	Master of Science (M.Sc.)
Regelstudienzeit & Credits	4 Semester 120 ECTS-Credits
Studienform	Vollzeit
Zulassung	Eignungsverfahren (EV)
Starttermin	WiSe 2019/20
Sprache	Deutsch/Englisch
Studiengangsverantwortliche/r	Prof. Dr. Kurosch Thuro
Ansprechperson bei Rückfragen	Prof. Dr. Kurosch Thuro, 289-25850, thuro@tum.de Dr. Katja Lokau, 289-25857; katja.lokau@tum.de
Version/Stand, vom	Version 20.02.2019 09:25
Der/Die Studiendekan/in	Unterschrift (Prof. Dr. Michael Krautblatter)

Inhaltsverzeichnis

1. Studiengangsziele	3
1.1 Zweck des Studiengangs.....	3
1.2 Strategische Bedeutung des Studiengangs	4
2. Qualifikationsprofil.....	5
3. Zielgruppen.....	7
3.1 Adressatenkreis.....	7
3.2 Vorkenntnisse der Studienbewerber*innen	7
3.3 Zielzahlen	8
4. Bedarfsanalyse	9
5. Wettbewerbsanalyse.....	10
5.1 Externe Wettbewerbsanalyse	10
5.2 Interne Wettbewerbsanalyse	11
6. Aufbau des Studiengangs.....	12
7. Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten	15
8. Ressourcen.....	18
8.1 Personelle Ressourcen	18
8.2 Sachausstattung und Räume	18
9. Entwicklungen im Studiengang.....	18
Anhang der Studiengangsdokumentation	21
A-1: Personal-Ressourcentabelle	21
A-2: Übersicht über Räume und Ausstattung.....	21
A-3: Stundenpläne des 1. bis 3. Fachsemesters.....	21
A-4: Letter of Intent der Fakultät für Chemie.....	21
A-5: Anforderungen an Sachkunde und Erfahrung von Sachverständigen für Geotechnik – (Dokument der DGGT – Fachsektion Erd- und Grundbau, AK 2.1.1).....	21

1. Studiengangsziele

1.1 Zweck des Studiengangs

Die Ingenieurgeologie stellt als Teilgebiet der Geotechnik das Bindeglied zwischen den naturwissenschaftlichen Disziplinen der Geowissenschaften (wie Geologie, Mineralogie, Petrographie) und den Ingenieurwissenschaften (wie Bauingenieur-, Vermessungs- oder Maschinenwesen) dar. Ingenieurgeolog*innen sind mit der Erkundung und Untersuchung des natürlichen Untergrunds sowie der Entwicklung daraus abgeleiteter Untergrundmodelle für technische Fragestellungen beauftragt. Bei der Bewertung der petrographischen und geotechnischen Eigenschaften von Gestein und Gebirge arbeiten sie Seite an Seite mit Geotechniker*innen, Bauingenieur*innen, Geodät*innen, Bergingenieur*innen und Maschinenbauingenieur*innen und Architekt*innen für die Planung und Ausführung von Maßnahmen in den Bereichen Verkehrswegebau, Spezialtiefbau, Tunnel- und Kavernenbau, Bergbau, Rohstoff- und Natursteingewinnung, Altlastensanierung und Naturgefahren (z.B. Hangbewegungen) sowie bei Projekten der Erhaltung von Objekten der gebauten Umwelt. Insbesondere Hangbewegungen und andere Naturgefahren stellen besondere Herausforderungen an die nachhaltige Planung und Nutzung von Infrastruktur und die Einschätzung von potentiellen Gefahren und Risiken der Geosphäre-Mensch-Interaktion. Aktuelle Herausforderungen für Ingenieurgeolog*innen stellen dabei z. B. die Großprojekte Stuttgart 21, die Neu- und Ausbaustrecken der Bahn in ganz Deutschland, die zweite S-Bahn-Stammstrecke in München, die Feste Fehmarnbeltquerung, aber auch die Frage der Herkunft und Verwitterung der Baugesteine von barocken Altären und der Tempel von Angkor in Kambodscha dar.

Mehr als 70 % unseres Trinkwassers stammt aus Grundwasser. Während sich die Hydrogeologie traditionell mit der Verteilung und Strömung des Wassers im Untergrund beschäftigte, hat sich dieses Fach über die letzten Jahrzehnte zu einer interdisziplinären Wissenschaft entwickelt. Die besonderen Herausforderungen der Hydrogeologie liegen darin, die Versorgung von 8 Milliarden Menschen mit sauberem Trinkwasser zu gewährleisten. Die Hydrogeologie der TUM beschäftigt sich deshalb neben der räumlichen und zeitlichen Verteilung des Wassers im Untergrund auch mit der anthropogenen Belastung der Trinkwasserressourcen, seiner nachhaltigen Nutzung und seinem geothermischen Potential. Dabei ist ein vertieftes Verständnis zu mikrobiologischen, chemischen und hydraulischen Prozessen im Untergrund von großer Bedeutung, um das Ökosystem Grundwasser auch zukünftig als sichere Trinkwasserressource nutzen zu können.

Wasser stellt zudem einen der wichtigsten Energieträger dar. Neben der Nutzung von Wasserkraft an der Erdoberfläche gewinnt die Nutzung der geothermischen Energie zunehmend an Bedeutung. Gerade in einem an fossilen Energieträgern armen Land wie Deutschland und als „Hausherr“ des geothermisch prospektiven Bereichs unter dem bayerischen Molassebecken stellt die Erkundung und Beurteilung dieser erneuerbaren Ressource ein Arbeitsfeld mit hohem Entwicklungspotential an der TUM dar.

Die Kombination aus Ingenieur- und Hydrogeologie in einem Masterstudiengang ist deutschlandweit einzigartig und aufgrund der praktischen Anforderungen in der Berufswelt der angewandten Geologie äußerst sinnvoll. Der Masterstudiengang erfüllt dabei zudem die hohen curricularen Anforderungen an das Hochschulstudium für den *Sachverständigen Geotechnik (EASV)* als bundesweit einziger Masterstudiengang aus dem Bereich der Geologie (siehe Anhang A-5).

1.2 Strategische Bedeutung des Studiengangs

In ihrem Grundverständnis ist die Technische Universität München (TUM) dem Innovationsfortschritt auf Wissenschaftsgebieten verpflichtet, die das Leben und Zusammenleben der Menschen nachhaltig zu verbessern versprechen. Aus Verantwortung für die nachfolgenden Generationen begründen sich die interdisziplinären Forschungsschwerpunkte in den Bereichen Gesundheit & Ernährung, Energie & Rohstoffe, Umwelt & Klima, Information & Kommunikation, Mobilität & Infrastruktur, sowie Kulturgeologie, urbane Geologie und geowissenschaftliche Aspekte der gebauten Umwelt. Die Ingenieurfacultät BGU deckt mit ihren zentralen Themengebieten Bauen – Infrastruktur – Umwelt – Planet Erde viele dieser interdisziplinären Forschungsgebiete umfassend ab.

Orientiert an Schwerpunkten des Forschungsbereichs Focus-Area Hydro- and Geosciences bietet die Ingenieurfacultät BGU eine breite Auswahl an Studiengängen an, welche die einzelnen Aspekte abdecken und den Absolvent*innen damit eine gezielte Vorbereitung auf ihren Einsatz in der Wissenschaft und der Wirtschaft ermöglicht. Der Masterstudiengang Ingenieur- und Hydrogeologie ist somit in das Mosaik der Masterstudiengänge der Fakultät sowie in die Perspektiven der interfakultären Kooperation, z.B. mit der Architektur, perfekt eingebunden.

Verwandte Studiengänge der BGU sind der Master BI mit Vertiefung Geotechnik und der Master UI mit Vertiefung Wasser.

Mehrere der zentralen Themengebiete der Fakultät werden durch den Masterstudiengang Ingenieur- und Hydrogeologie angesprochen:

- Bauen – für jedes größere Bauprojekt müssen ingenieur- und hydrogeologische Voruntersuchungen durchgeführt werden, die auf die Wechselwirkung Bauwerk/Untergrund und Bauwerk/Wasser sowie auf die Vorkommen und die Verfügbarkeit von Baurohstoffe eingehen. Bei der Baudurchführung unterstützt eine begleitende Dokumentation bei der Frage, welche Baugrundverhältnisse tatsächlich angetroffen wurden.
- Infrastruktur – besonders im Tunnel- und Kavernenbau, beim Spezialtiefbau und bei Brückenfundamenten sind ingenieur- und hydrogeologische Fragestellungen zu berücksichtigen. Dazu gehören die Auswahl und Leistungsprognosen von Maschinen ebenso wie die Beurteilung von Wasser- und Stabilitätsproblemen im Untergrund.

- Umwelt – hier sind Deponien, Altlasten und die Endlagerproblematik zu nennen, sowie die Versorgung mit sauberem Trinkwasser und die Entsorgung von anfallendem Abwasser
- Gebaute Umwelt – aber auch Verwitterungsprozesse an Steinobjekten der Architektur und der Kunst stellen Gefährdungen dar, deren Verständnis und die Entwicklung von Gegenmaßnahmen Gegenstand der angewandten Geowissenschaften sind.
- Der Umgang mit Gefahren und Risiken durch die Mensch-Umwelt-Interaktion erfordert ein kompetentes Umgehen mit Naturgefahren, die von Hangbewegungen und anderen (alpinen) Naturgefahren ausgehen. Hier gilt es, Gefahren und Risiken für Infrastruktur und Individuen zuverlässig abzuschätzen, auch in eine Zukunft mit veränderten Umweltbedingungen hinein. Für die Planung, Projektierung und Nutzung von zukünftiger Infrastruktur müssen zuverlässige wissenschaftliche und planerische Aussagen über multiple Gefahren und Risiken entwickelt und modelliert werden.

Der Masterstudiengang Ingenieur- und Hydrogeologie gliedert sich in die an der TUM verfolgten und obengenannten interdisziplinären Forschungsschwerpunkte ein. Ingenieur- und Hydrogeolog*innen verwirklichen beispielsweise große Projekte im geologischen Untergrund. Angesichts immer knapper werdender Ressourcen wird deutlich, welcher Stellenwert einem nachhaltigen und schonenden Umgang mit der Geo- und Hydrosphäre zukommt.

2. Qualifikationsprofil

Absolvent*innen des anwendungsorientierten Masterstudiengangs Ingenieur- und Hydrogeologie können geologisch-technische Probleme auf natur- und ingenieurwissenschaftlicher Grundlage verstehen, interdisziplinäre Zusammenhänge erfassen und wissenschaftliche Fragestellungen eigenständig ableiten und analysieren. Sie sind in der Lage fachspezifische Problemsituationen zu bewerten, eigene Lösungsstrategien kreativ zu entwickeln und die Ergebnisse zu strukturieren. Diese können von den Absolvent*innen sowohl an Fachkolleg*innen wie auch fachfremde Beteiligte kommuniziert werden. Ingenieur- und Hydrogeolog*innen können somit oft eine wichtige vermittelnde Stellung zwischen den Geowissenschaften und den Ingenieurwissenschaften einnehmen. Die Studierenden verfügen über ein hohes Maß an Sozialkompetenzen wie Teamfähigkeit, hohe kommunikative Kompetenz, insbesondere in Verhandlungen und zielorientierten Gesprächssituationen sowie über ethisch-verantwortungsvolle Handlungskompetenz und grundlegende Kenntnisse in Rechtsfragen im praktischen Berufsleben.

Durch ihr breit angelegtes und im Masterstudium noch weiter vertieftes Grundlagenwissen in der angewandten Geologie, können die Absolvent*innen ihr Wissen und Verstehen sowie ihre Fähigkeiten zur Problemlösung auch in beispielsweise neuem und unvertrautem regionalgeologischen Kontext anwenden.

Ingenieur- und Hydrogeolog*innen sind nach Abschluss des Studiums in der Lage, geologische Gegebenheiten im Gelände mit besonderem Augenmerk auf ingenieur- und hydrogeologische Fragestellungen zu erfassen und in Karten und Profilen darzustellen. An der Schnittstelle zwischen Natur- und Ingenieurwissenschaften angesiedelt, ist es ihnen möglich, die wesentlichen Untergrundparameter im Hinblick auf Bau- oder Schutzmaßnahmen sowie Naturgefahren zu isolieren und mittels geeigneter Feld-, Labor- und Berechnungsmethoden zu quantifizieren und damit ein geologisch-geotechnisches Untergrund- bzw. Baugrundmodell zu entwickeln. Die Absolvent*innen sind fähig, das reichhaltige Spektrum an Labor- und Feldversuchen zur Bestimmung der Eigenschaften von Locker- und Festgesteinen wie auch der hydrochemischen und hydrogeologischen Eigenschaften des Mediums Wasser eigenständig durchzuführen, darzustellen und zu bewerten. Sie können außerdem Fragen der Verwendung, der Verwitterung und der Konservierung bzw. Restaurierung von Gesteinen in der gebauten Umwelt beurteilen und kompetent - auch unter dem Aspekt der Denkmalpflege - verantwortungsvoll bearbeiten.

Im Bereich der Hydrogeologie werden Absolvent*innen ausgebildet, die praktische Aspekte der Schadstoffhydrogeologie anwenden, den Wasser- und Schadstofftransport qualitativ und quantitativ beschreiben und als hochqualifizierte Fachkräfte im Bereich der Geothermie für den Wachstumsmarkt Erneuerbare Energien arbeiten. Relevante Lehrinhalte in der Geothermie sind u.a. die hydrogeologische Charakterisierung des Untergrundes zur energetischen Nutzung und Speicherung von Wärmeenergie.

Ingenieur- und Hydrogeolog*innen können Naturgefahren prozessual zuordnen, ihre Auswirkungen abschätzen und modellieren. Sie sind in der Lage, für vorgegebene Prozessräume Naturgefahren z.B. durch Hangbewegungen zu kartieren, zu digitalisieren und Aussagen über zukünftige Prozessaktivität zu treffen. Sie können Einzelprozesse modellieren und auch den Impact auf Infrastruktur und Individuen abschätzen. Sie können eine quantitativ fundierte Basis für die Planung, Projektierung und Nutzung von zukünftiger Infrastruktur im Wirkumfeld von Naturgefahren entwickeln und modellieren.

Schließlich sind sie in der Lage, ihre Erkenntnisse und Resultate in Wort und Bild sowohl wissenschaftlich wie auch anwenderbezogen darzustellen (z.B. gutachterliche Stellungnahmen) und mit modernen Methoden zu präsentieren. Mit juristischen Fragen mit geowissenschaftlichem Hintergrund können sie grundsätzlich umgehen und Strategien der Interessensvertretung entwickeln.

Die Absolvent*innen verfügen über die Promotionsfähigkeit mit entsprechender Kompetenz zum eigenen Entwurf von Untersuchungsszenarien und Versuchskonzeption. Außerdem sind sie in der

Lage, wissenschaftliche Themenstellungen zu konzipieren und wissenschaftliche Themen zu bearbeiten.

3. Zielgruppen

3.1 Adressatenkreis

Der konsekutive Masterstudiengang richtet sich vorrangig an:

- Absolvent*innen des Bachelorstudiengangs Geowissenschaften am Münchner GeoZentrum der TUM und der LMU mit Schwerpunkt Ingenieur- und Hydrogeologie.
- externe Bewerber*innen, die einen geowissenschaftlichen Bachelorstudiengang absolviert haben und über vertiefte Kenntnisse in Technischer Mechanik, Ingenieurgeologie und Hydrogeologie verfügen.
- deutschsprachige Bewerber*innen aus den DACH-Staaten mit guten englischen Sprachkenntnissen, da einzelne Module in englischer Sprache gehalten werden.
- Ausländische Bewerber*innen, die über sehr gute Deutschkenntnisse verfügen, so dass sie die Literatur und Kartenwerke, insbesondere aber die normativen Regelwerke der angewandten Geowissenschaften und Geotechnik verstehen und in der Praxis umsetzen können.

3.2 Vorkenntnisse der Studienbewerber*innen

Für die Aufnahme in den Masterstudiengang wird ein Eignungsverfahren durchgeführt (siehe Anlage 2 der gültigen Fachprüfungsordnung). Absolvent*innen verwandter Bachelorstudiengänge können in enger Absprache mit der Fachstudienberatung unter Auflagen zugelassen werden. Fehlende Kompetenzen in Ingenieur- oder Hydrogeologie sowie in Technischer Mechanik können gegebenenfalls durch Belegung von entsprechenden Kursen nachgeholt werden. Für Quereinsteiger*innen aus anderen Bachelorstudiengängen, wie z.B. aus dem Umweltingenieurwesen, ist es möglich, die wichtigsten geowissenschaftlichen Grundlagen in zwei Semestern im Bachelorstudiengang Geowissenschaften des Münchner Geozentrums (MGC) vor der Bewerbung zum Masterstudiengang Ingenieur- und Hydrogeologie nachzuholen und dadurch die Qualifikation für die Aufnahme in den Masterstudiengang zu erlangen.

Das Studium ist mit umfangreicher Gelände- und Laborarbeit verknüpft. Bewerber*innen sollten grundsätzliche Bereitschaft zur Arbeit im Freien sowie zu experimenteller Arbeit im Labor haben.

Kenntnisse der englischen Sprache in Wort und Schrift sind nachzuweisende Voraussetzung für die Aufnahme in den Studiengang. Offenheit im Umgang mit fremden Sprachen und Kulturen erhöhen die Chancen für die Beschäftigung bei oft international agierenden potenziellen Arbeitgebern im Bereich der angewandten Geologie.

Die besonderen Qualifikationen und Fähigkeiten der Bewerber*innen sollen dem Berufsfeld Ingenieur- und Hydrogeologie entsprechen. Die damit verbundenen Kompetenzen sind eine wesentliche Voraussetzung für den Studienerfolg und den angestrebten Studienabschluss.

Einzelne Eignungsparameter sind:

- Interesse an wissenschaftlicher, methodenorientierter Arbeitsweise
- Vorhandene Fachkenntnisse aus einem geowissenschaftlichen Erststudium in Anlehnung an den gemeinsamen Bachelorstudiengang Geowissenschaften am Münchner GeoZentrum der TUM und der LMU
- Beherrschen der Fachsprachen in mündlicher und schriftlicher Form
- Wissenschaftsorientiertes Interesse an natur- und ingenieurwissenschaftlichen Problemstellungen
- Grundlegende Fachkenntnisse in allgemeiner Geologie, spezieller Mineralogie, Ingenieur- und Hydrogeologie sowie Technischer Mechanik.

3.3 Zielzahlen

Die Attraktivität des Studiengangs zeigt sich in der stetig anwachsenden Zahl an Bewerber*innen. Die Anzahl weiblicher Studierender ist dabei gleichbleibend hoch. Pro Jahrgang werden zwischen 20 und 25 Studierende angestrebt. Die begrenzte Zahl der Laborplätze und die begrenzte Teilnehmerzahl bei Geländeübungen, welche z.T. mit dem Besuch von Tunnelbaustellen, Geländebegehungen im Hochgebirge oder der Befahrung von Bergwerken zu begründen ist, limitieren die Studienanfänger*innen pro Jahrgang auf etwa 25 (siehe Abbildung 1). Da Lehrmethoden dieser Art essenziell für die ebenso praxisnahe wie wissenschaftlich tiefgehende Ausbildung nötig sind, ist die angestrebte Größenordnung an Studierenden für die Sicherung der Qualität der Lehre unabdingbar. Für die genannte Zahl von Studienanfänger*innen kann eine hochwertige Ausbildung sowie intensive Betreuung in den Übungen und Praktika mit den vorhandenen Personal- und Raumressourcen sichergestellt werden.

Die Einschreibungen in den Masterstudiengang Ingenieur- und Hydrogeologie konnten stetig gesteigert werden und haben in den letzten Jahren das Niveau der Zielgröße erreicht. Der Masterstudiengang ist derzeit der erfolgreichste der fünf konsekutiven Masterstudiengänge, die auf dem gemeinsamen Bachelorstudiengang Geowissenschaften der TUM und der LMU aufbauen. Dies liegt einerseits an den guten Berufsaussichten, andererseits an der stringent strukturierten Ausbildung und der von den Studierenden sehr geschätzten intensiven fachlichen und persönlichen Betreuung. Die Zahl der Bewerber*innen ist seit Einführung des Studiengangs zum WiSe 2006/2007 stetig gestiegen. Etwa 60–80 % der zum Studium zugelassenen Bewerber*innen kommen aus o.g. Bachelorstudiengang, wobei pro Studienjahr in diesem Studiengang etwa 60–70 Absolvent*innen abschließen (Quelle: Statistik Ingenieur fakultät BGU).

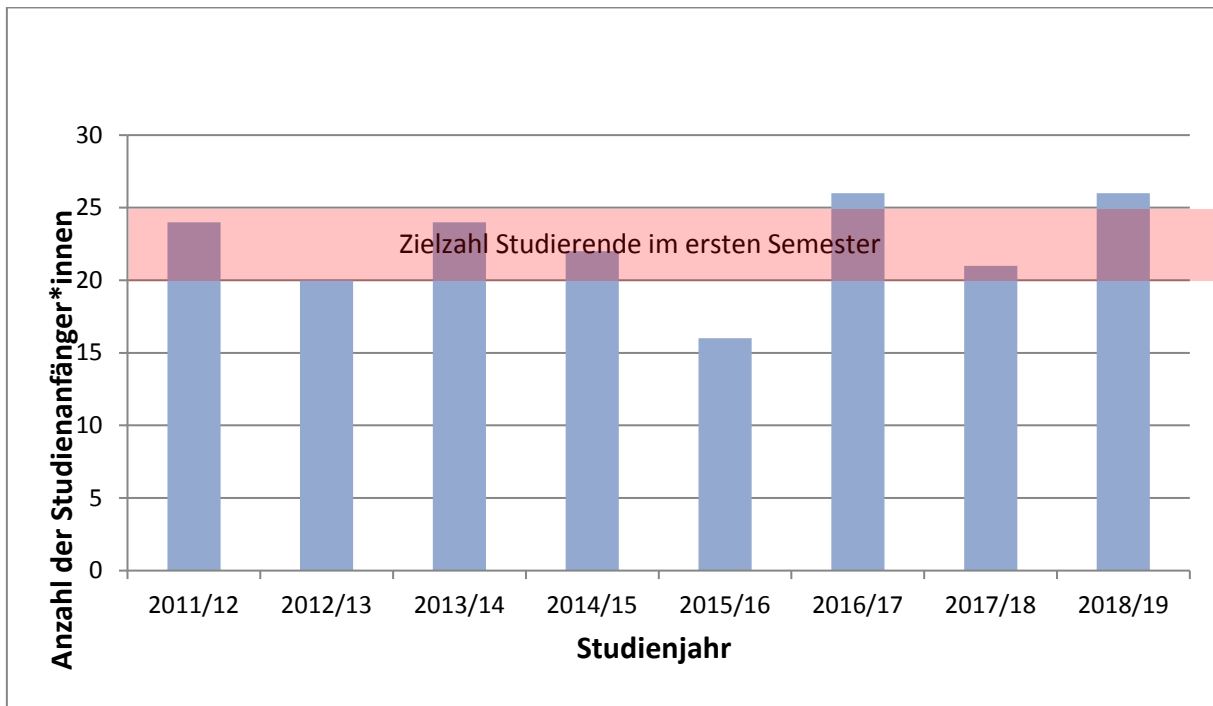


Abbildung 1: Zahl der Studierenden im 1. Fachsemester des Masterstudiengangs Ingenieur- und Hydrogeologie; Quelle Immatrikulationsamt der TUM

4. Bedarfsanalyse

Die Erfahrung der ersten Jahre des Masterstudienganges zeigt, dass eine Anzahl von 20–25 Absolvent*innen gut am Arbeitsmarkt aufgenommen werden kann. Möglicherweise könnten sogar noch etwa 20–40 % mehr Absolvent*innen unterkommen. Vorrang vor höheren Zahlen abschlussinhabender Personen hat aber in jedem Fall die Hochwertigkeit der Ausbildung.

In den vergangenen Jahren hat sich der Arbeitsmarkt besonders für Geowissenschaftler*innen aus angewandten Bereichen (z.B. Ingenieur-, Hydrogeologie, Geothermie, Erzlagerstättenkunde, Lagerstättenkunde der Energieträger, Industriemineralie, Technische Gesteinskunde, Georisiken) deutlich positiv entwickelt. Nach einer Studie des Wila Bonn e.V.¹ arbeiten rund 25 % aller Geowissenschaftler*innen in Ingenieurbüros, 20 % im Bereich des öffentlichen Dienstes und weitere 20 % in Industrie und Wirtschaft (hierbei nimmt die Bauindustrie einen großen Teil ein!). Aufgrund der aktuell guten Baukonjunktur im Inland steigt die Nachfrage nach Geowissenschaftler*innen der Fachrichtung Ingenieur- und Hydrogeologie stark an.

Die Absolvent*innen des Masterstudiengangs Ingenieur- und Hydrogeologie können sich einer hohen Nachfrage am Arbeitsmarkt sicher sein. Ingenieurbüros aus dem In- und Ausland als Hauptarbeitsstellen für ingenieur- und hydrogeologische Projektarbeit treten immer wieder mit Anfragen an die Lehrstühle und die Professuren der Geowissenschaften an der TUM heran und

¹ <https://www.wila-arbeitsmarkt.de/blog/2017/05/29/geoberufe-mehr-als-nur-steine-klopfen/>

legen besonderen Wert auf Absolvent*innen mit Abschluss Ingenieur- und Hydrogeologie der TUM. Es wird seitens der Arbeitgeber*innen ausdrücklich bestätigt, dass unsere Absolvent*innen die Kenntnisse, Fähigkeiten und Kompetenzen im Studium erworben haben, die dem Anforderungsprofil in der Praxis entsprechen. Gleiches gilt für öffentliche Arbeitgebende und wissenschaftliche Einrichtungen. In den letzten Jahren konnten zahlreiche neu-geschaffene Stellen mit Absolvent*innen des Studienganges erfolgreich dauerhaft besetzt werden.

Es ist zu erwarten, dass die momentan schon hohe Nachfrage nach Absolvent*innen aus dem Arbeitsfeld der Ingenieur- und Hydrogeologie und in ganz besonderem Maße in jungen Arbeitsgebieten wie der Geothermie künftig noch weiter ansteigen wird.

5. Wettbewerbsanalyse

Der Masterstudiengang Ingenieur- und Hydrogeologie hat eine ausgezeichnete Reputation auf nationaler und internationaler Ebene. Innerhalb der TUM ermöglicht dieser Studiengang ein thematisch alleinstehendes, aber in engem Kontakt zu anderen Fachrichtungen wie Bauingenieurwesen, Umweltingenieurwesen und Geodäsie stehendes Studium. Zudem gibt es mit dem Masterstudiengang GeoThermie/GeoEnergie, einem Joint-Degree-Studiengang der TUM mit der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU), weitere interessante Anknüpfungspunkte auf dem Gebiet der Angewandten Geowissenschaften.

5.1 Externe Wettbewerbsanalyse

Der Masterstudiengang Ingenieur- und Hydrogeologie wird gemeinschaftlich von der TUM und der LMU unter dem „virtuellen Dach“ des Münchner GeoZentrums angeboten und federführend von der TUM getragen. Der Studiengang ist in Deutschland einmalig, da lediglich an der TUM jeweils ein Lehrstuhl für Ingenieurgeologie und ein Lehrstuhl für Hydrogeologie existieren, eine Professur für Hangbewegungen, eine Professur für Geothermie sowie ein Institut für Hydrochemie. Damit ist die TUM für den vorliegenden Masterstudiengang hervorragend aufgestellt. Bundesweit besitzen nur weitere vier Universitäten das Potential für die Entwicklung eines solchen Programms: die RWTH Aachen, die TU Berlin, die TU Darmstadt und die Universität Karlsruhe.

Die TUM besitzt gegenüber den genannten Universitäten jedoch ganz zentrale Vorteile:

- Jeweils eigenständige, gut ausgestattete Lehrstühle für Ingenieurgeologie und für Hydrogeologie,
- Eine Professur für Hangbewegungen, die im Rahmen des Qualitätspakts Lehre zunächst für einen Zeitraum von zunächst 5 Jahren gewährt wurde und inzwischen verstetigt wurde und stetig ausgebaut wird.
- ein eigenständiges Institut für Hydrochemie (Fakultät für Chemie),

- eine eigenständige Professur für Geothermie, die derzeit besetzt wird, aber für den Lehrbetrieb des neu konzipierten Masterstudiengangs Ingenieur- und Hydrogeologie vor allem mit Kompetenzen im Bereich der Reservoirmodellierung und der Erschließung tiefer geothermische Ressourcen zur Verfügung stehen wird.
- Eine breite Abstützung in der Allgemeinen Geologie durch den Lehrstuhl für Ingenieurgeologie selbst und die Fakultät für Geowissenschaften der LMU im Münchner Geo-Zentrum, welche bereits durch das gemeinsame Bachelorstudium Geowissenschaften manifestiert ist.
- Kooperation innerhalb der Ingenieur fakultät BGU und mit anderen Fakultäten, insbesondere der Fakultät für Architektur im Bereich geowissenschaftlicher Fragen der gebauten Umwelt (Urbane Geologie, Kulturgeologie).

Von der fachlichen Breite ist die TUM auf den Gebieten Ingenieurgeologie, Hangbewegungen, Hydrogeologie und Geothermie damit im deutschsprachigen Raum einzigartig und die Absolvent*innen können somit ein weites fachliches Feld bedienen und damit steigen die Chancen auf hochwertige Beschäftigung sehr. Dies gilt auch gegenüber der Technischen Universität Wien, der Universität für Bodenkultur Wien, der Technischen Universität Graz, der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich und der École Polytechnique de Lausanne, die demgegenüber nicht über dieselbe Bandbreite bzw. Ausstattung verfügen.

5.2 Interne Wettbewerbsanalyse

Der Studiengang verfügt über ein einzigartiges Profil an der Schnittstelle zwischen den Natur- und Ingenieurwissenschaften der TUM und hat sowohl Anknüpfungspunkte innerhalb der Ingenieur fakultät BGU in den dort verankerten Bereichen der Ingenieurgeodäsie, des Wasserbaus, der Risikoanalyse sowie der Geotechnik und fakultätsübergreifend mit der Fakultät für Chemie. Die Hydrogeologie steht in einem engen fachlichen Kontakt zur Hydrochemie der Fakultät für Chemie. Über das Münchner GeoZentrum verbindet sich der Studiengang mit einer der größten Lehr- und Forschungskapazitäten der Geowissenschaften in Deutschland mit über 20 Professuren in diversen Fachbereichen. Mit dem Masterstudiengang Umweltingenieurwesen (UI) verzahnt sich unser Studiengang über gemeinsame Veranstaltungen mit drei UI-Vertiefungsrichtungen „Hydrogeologie“, „Geomechanik und Tunnelbau“ und „Naturgefahren und Risiken.“ Studierende des Masters Bauingenieurwesen sowie andere Masterstudierende des Münchner GeoZentrums nutzen bei uns einzelne Module wie z.B. *Numerische und Statistische Methoden der Geowissenschaften, Alpine Naturgefahren, Industriemineralien, Felsmechanik und Felsbau, und Landslides.*

6. Aufbau des Studiengangs

Der Studiengang umfasst vier Semester (120 CP) und ist in fünf thematische Blöcke untergliedert, die semesterübergreifend verteilt sind (siehe auch Tabelle 2):

- Geowissenschaftliche Grundlagen (10 CP)
- Ingenieurgeologie (25 CP)
- Hangbewegungen (10 CP)
- Hydrogeologie (25 CP)
- Wahlmodule (20 CP).

Im Block geowissenschaftliche Grundlagen werden die Grundlagen der angewandten Geologie vermittelt. Eine Besonderheit stellt dabei das Pflichtmodul *Geowissenschaftliche Grundlagen* dar, welches die erfahrungsgemäß extrem heterogenen geowissenschaftlichen Fachkenntnisse der Studierenden im ersten Fachsemester angleicht. Die Studierenden werden damit auf ein gleichmäßiges Kompetenzniveau gehoben, das vor allem der fachlichen Integration externer in- und ausländischer Bewerber*innen aus verwandten Bachelorstudiengängen dient. Dadurch werden auch Bestrebungen zur Internationalisierung effektiv unterstützt.

Masterstudiengang Ingenieur- und Hydrogeologie

grau: Geowiss. Grundlagen, rot: Ingenieurgeologie, blau: Hydrogeologie, grün: Hangbewegungen, weiß: Wahlmodule, GT: Geländetage

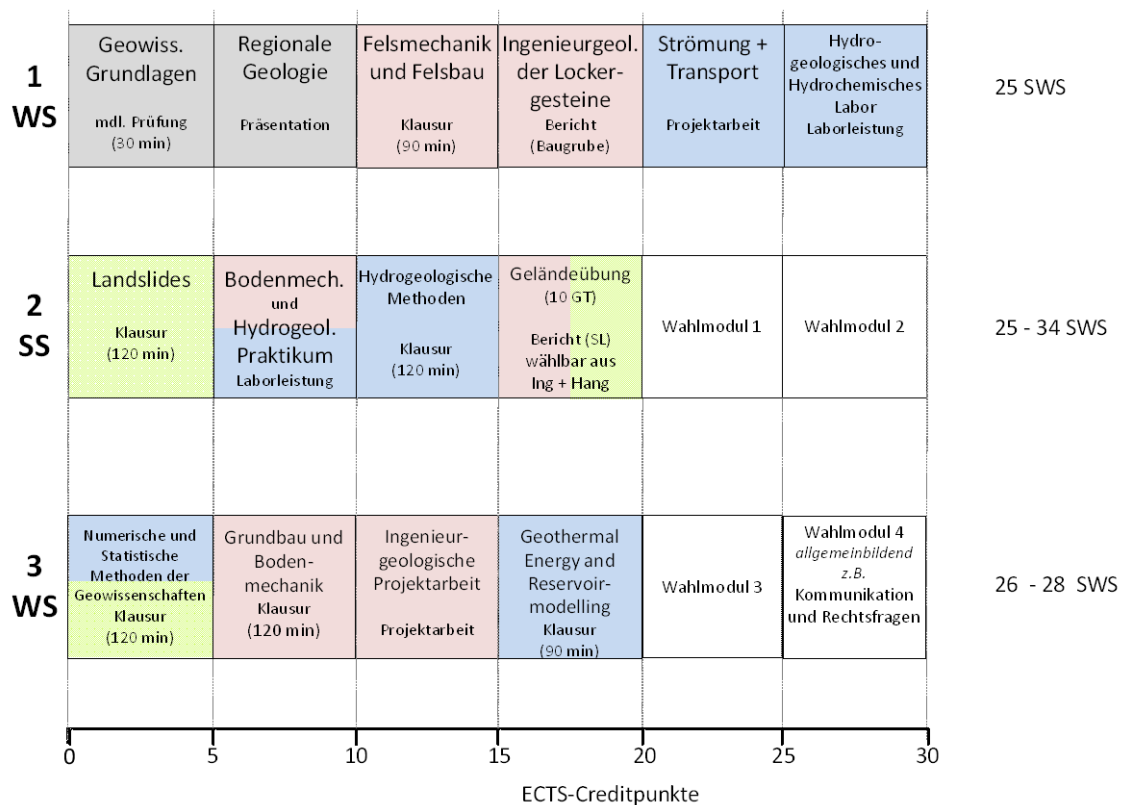


Abbildung 2: Studienplan des Masterstudiengangs Ingenieur- und Hydrogeologie

Im Block Ingenieurgeologie werden Module zu *Felsmechanik und Felsbau*, zur *Ingenieurgeologie der Lockergesteine*, sowie *Bodenmechanik und Grundbau* und eine *Ingenieurgeologische Projektarbeit* angeboten, die das Spektrum der geotechnischen Anforderungen im späteren Beruf abdecken. Zudem sind jeweils betreuungsaufwändige Lehrveranstaltungen sowohl im Labor zu gesteinsphysikalischen Eigenschaften als auch im Gelände im Umfang von 7,5 CP enthalten.

Der Block Hydrogeologie und Geothermie bringt die Studierenden in die Lage, Kompetenzen im Bereich hydrogeologischen Methoden, Wasser-Strömung und Transport von Wasserinhaltsstoffen sowie oberflächennaher und tiefer Geothermie aufzubauen. Auch in diesem Themenblock sind sowohl Laborpraktika zur Chemie des Grundwassers und zum Stofftransport als auch Geländeübungen im Umfang von 7,5 CP enthalten.

Der Block Hangbewegungen reicht von einer sehr praxisnahen Ausbildung zum Thema Hangbewegungen und alpine Naturgefahren bis hin zur Berechnung und Modellierung dieser Gefahren mit numerischen Codes. Kompartimente sind (i) Module zur theoretischen und integrativen Ausbildung in *Landslides* und *Alpine Hazards*, Module zur „hands-on“ Ausbildung im Gelände (Kartierungsübung Rindberg, Geländeübungen Hangbewegungen Nördliche Kalkalpen, Vajont/Südalpen und Flims/Schweizer Alpen), „hands-on“ Modellierkurse zu *Numerischen und Statistischen Methoden der Geowissenschaften* sowie die Implementierung der erlernten Kompetenzen in Geoinformationssysteme (GIS).

Im breit angelegten Wahlblock wird eine Vielzahl von Spezialveranstaltungen in der Ingenieur- und Hydrogeologie und im Bereich Hangbewegungen angeboten, die passend zu den jeweiligen Interessen und Neigungen der Studierenden gewählt werden können. Im Studienschwerpunkt Ingenieurgeologie wären dies z.B. die Module *Industrieminerale*, *Natursteine in der gebauten Umwelt*, *Tunnelbau* und die *Reservoirtechnik*. Im Studienschwerpunkt Hangbewegung die Module *Alpine Hazards* und *Hangbewegungskartierung und GIS* mit Übungen zu Geoinformationssystemen. Im Studienschwerpunkt Hydrogeologie die Module *Technische Hydrogeologie in der Praxis*, *Tracerhydrogeologie und Fließsystemanalyse*, *Hydrochemie* und eine *Fortgeschrittene Grundwassermodellierung*. Das Modul *Kommunikation und Rechtsfragen in der geologischen Berufspraxis* rundet das Wahlangebot mit überfachlichen Kompetenzen ab.

Es können aber auch andere Veranstaltungen aus dem reichhaltigen Angebot der vier weiteren Masterstudiengänge des Münchner GeoZentrums (TUM und LMU) sowie aus dem sonstigen Lehrangebot der Ingenieur fakultät BGU der TUM im Umfang von bis zu 10 Credits gewählt werden. Diese Module können von den Studierenden je nach individueller Neigung und Interesse beliebig zusammengestellt werden (siehe Abbildung 2 und 3).

Masterstudiengang Ingenieur- und Hydrogeologie

grau: Geowiss. Grundlagen, rot: Ingenieurgeologie, blau: Hydrogeologie, grün: Hangbewegungen, weiß: Wahlmodule, GT: Geländetag

1 WS	Geowiss. Grundlagen mdl. Prüfung (30 min)	Regionale Geologie Präsentation	Felsmechanik und Felsbau Klausur (90 min)	Ingenieurgeol. der Lockergesteine Bericht (Baugrube)	Strömung + Transport Projektarbeit	Hydrogeologisches und Hydrochemisches Labor Laborleistung
2 SS	Landslides Klausur (120 min)	Bodenmech. und Hydrogeol. Praktikum Laborleistung	Hydrogeologische Methoden Klausur (120 min)	Geländeübung (10 GT) Bericht (SL) wählbar aus Ing + Hang	Wahlmodul 1 z.B. Technische Hydrogeologie in der Praxis Klausur (60min)	Wahlmodul 1 z.B. Hangbewegungskartierung Projektarbeit
3 WS	Numerische und Statistische Methoden der Geowissenschaften Klausur (120 min)	Grundbau und Bodenmechanik Klausur (120 min)	Ingenieurgeologische Projektarbeit Projektarbeit	Geothermal Energy and Reservoirmodelling Klausur (90 min)	Wahlmodul 3 z.B. Naturstein in der gebauten Umwelt Klausur (60 min)	Wahlmodul 4 allgemeinbildend z.B. Kommunikation und Rechtsfragen Klausur (90 min)
0 5 10 15 20 25 30						
ECTS-Creditpunkte						

Abbildung 3: Exemplarischer Studienplan des Masterstudiengangs Ingenieur- und Hydrogeologie mit allen Wahlmodulen

Das Studium schließt im vierten Semester mit der Anfertigung der Masterarbeit (30 CP) ab. Das Thema der Masterarbeit vertieft die Interessensschwerpunkte Ingenieurgeologie, Hangbewegungen oder Hydrogeologie. Wer mindestens 60 CP erbracht hat, ist zur Masterarbeit zugelassen. Die Bearbeitungszeit der Masterarbeit darf 6 Monate nicht überschreiten. Die Master's Thesis besteht aus einer wissenschaftlichen Ausarbeitung und einem Vortrag über deren Inhalt. Der Vortrag geht dabei nicht in die Bewertung ein.

Der Erwerb der Kompetenz zur Aufnahme, Dokumentation und Beurteilung geologischer Situationen erfolgt neben klassischen Vorlesungen in hohem Maße durch Geländeübungen, Kartierungsübungen sowie durch Projektstudium und praktische Übungen mit ingenieurgeologischen, hydrogeologischen und ingenieurwissenschaftlichen Anschauungsobjekten.

Der Studiengang Ingenieur und Hydrogeologie qualifiziert Studierenden „hands-on“ für wichtige Labor-, Feld- und Modellierungsmethoden. Dadurch ergibt sich in den entsprechenden Modulen mit hohem Anteil an Übungen, welche sowohl in den Vorlesungen integriert sind (Lehrform VI: Vorlesung mit integrierter Übung), als auch als eigenständige Übungen (Lehrform UE: Übung), ein höherer relativer Anteil an Präsenzstunden. Diese Übungsanteile dienen dazu, dass die Studierenden unter optimalen Betreuungsbedingungen wichtige Labor-, Feld- und Modellierungsmethoden persönlich und direkt erlernen können. Diese eng betreuten Kursformate

wurden im erweiterten Qualitätsmanagementzirkel sowohl von den Studierenden als auch von den externen Gutachtern als besonders kompetenzfördernd beschrieben.

Studienbegleitende Berufspraktika oder Praktika vor dem Studium werden auf freiwilliger Basis dringend empfohlen, da sie der Vorbereitung auf den Berufseinstieg dienlich sind. Auch eine mehrmonatige Praktikumstätigkeit im In- oder Ausland während Urlaubssemestern wird aufgrund der Praxisorientierung der Ingenieur- und Hydrogeologie stark unterstützt, weil dies die Ausbildungsziele nachhaltig fördert und zudem die beruflichen Chancen erhöht. Wir unterstützen Auslandsaufenthalte während des Studiums und während der Masterarbeit; dies wird auch von der Ingenieur fakultät BGU koordiniert und unterstützt.

Die Verteilung der Lehrveranstaltungen auf die Semester ist in Form von konkreten Stundenplänen im Anhang A-3 dargestellt.

7. Organisatorische Anbindung und Zuständigkeiten

Der Masterstudiengang Ingenieur- und Hydrogeologie wird von der Ingenieur fakultät BGU der TUM angeboten und federführend getragen. Die Fachprüfungs- und Studienordnung des Studiengangs wurden von der TUM und der LMU gemeinsam bewilligt. Der Lehrstuhl für Ingenieur geologie ist für die organisatorische und inhaltliche Betreuung des Studiengangs verantwortlich (siehe Tabellen 1 u. 2). Des Weiteren sind der Lehrstuhl für Hydrogeologie, die Professur für Hangbewegungen, die Professur für Geothermie und der Lehrstuhl für Grundbau, Bodenmechanik, Felsmechanik und Tunnelbau (Prof. Dr.-Ing. R. Cudmani) im Rahmen einzelner Module beteiligt (siehe dazu Personalressourcentabelle).

Einzelne Lehrveranstaltungen und das Modul Hydrochemie werden fakultätsübergreifend von der Fakultät für Chemie, namentlich dem Institut für Hydrochemie/Lehrstuhl für Analytische Chemie und Wasserchemie (Prof. Dr. M. Elsner) beigesteuert (siehe Abb. 3).

Unter dem Dach des Münchner Geozentrums besteht eine Kooperationsvereinbarung zwischen der TUM und der LMU, in deren Rahmen Module der Masterstudiengänge unter Federführung der LMU als Wahlfächer in den Studiengang Ingenieur- und Hydrogeologie eingebracht werden können. Durch die Kooperation hochrangiger geowissenschaftlicher Einrichtungen im Münchner GeoZentrum stehen den Studierenden Lehrinhalte in Form von Vortragsveranstaltungen und Workshops sowie der entsprechenden Infrastruktur beider Universitäten zur Verfügung.

Tabelle 1: Am Studiengang beteiligte Lehrstühle und Professuren

Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt
Lehrstuhl für Ingenieurgeologie
Lehrstuhl für Hydrogeologie
Professur für Hangbewegungen
Professur für Geothermie
Lehrstuhl für Grundbau, Bodenmechanik, Felsmechanik und Tunnelbau

Tabelle 2: Administrative Zuständigkeiten für den Masterstudiengang Ingenieur- und Hydrogeologie

Funktion/Prozess	Zuständigkeit
Dekan	Prof. Dr.-Ing. Christoph Gehlen
Studiendekan	Prof. Dr. Michael Krautblatter
Studiengangsdirektor u. -verantwortlicher	Prof. Dr. Kurosch Thuro
Studienfachberater	Prof. Dr. Kurosch Thuro
Studienkoordination u. -bewerbung	Dr. Katja Lokau
Bewerbung (dezentral)	Dr. Katja Lokau
Bewerbungsmanagement	SSZ: Bewerbungen und Immatrikulation
Studienberatung	SSZ: Studienberatung und Schulprogramme
Studierendenmanagement	SSZ: Beiträge und Stipendien SSZ: Zentrale Prüfungsangelegenheiten
Raummanagement	Dipl.-Ing. Michaela Wenzel
Prüfungsmanagement	Dr. Katja Lokau
Qualitätsmanagement und Evaluation	Dipl.-Ing. Sandra Spindler Dr. rer. pol. Lars Lehmann
QM-Zirkel/Runder Tisch	Prof. Dr. Michael Krautblatter Dipl.-Ing. Sandra Spindler
eQM-Zirkel	QM-Zirkel plus zwei externe Vertreter (wechselnd)
Studienkommission	Prof. Dr. Michael Krautblatter Dr. rer. pol. Lars Lehmann

Referenten für Studium und Lehre	Dr. rer. pol. Lars Lehmann Dipl.-Ing. Sandra Spindler
Eignungskommission	Prof. Dr. Michael Krautblatter (Vorsitz) Dr. Katja Lokau (Koordination)
Prüfungsausschuss	Prof. Dr. Kurosch Thuro (Vorsitzender) Schriftführung: René Schneider, M.A.
Prüfungsverwaltung	René Schneider, M.A.
Auslandsbeauftragte	Frau Nadine Klomke

8. Ressourcen

8.1 Personelle Ressourcen

Die personellen Ressourcen, die zur Durchführung des Masterstudiengangs benötigt werden, sind tabellarisch im Anhang A-1 dargestellt. Hierbei wurden alle in der FPSO aufgelisteten Pflicht- und Wahlmodule berücksichtigt. Für den Lehrimport aus der Fakultät für Chemie liegt ein Lol des Studiendekans der Fakultät für Chemie vor (Anhang A-4). Ein kontinuierlicher Lehrbetrieb im Pflichtbereich und im Kernangebot des Wahlbereiches ist durch ausschließlich hauptberufliches Lehrpersonal gewährleistet. Neben dem in der Ressourcentabelle genannten hauptberuflichen Lehrpersonal sind zur Durchführung einiger Wahlmodule Lehraufträge vergeben, die ebenfalls in der Ressourcentabelle enthalten sind (Anhang A-1).

8.2 Sachausstattung und Räume

Eine Übersicht der zur Durchführung des Masterstudiengangs benötigten und vorhandenen Sach- und Raumausstattung liefert Anhang A-2. Zudem werden zur Durchführung von Geländeübungen vier lehrstuhleigene VW-Busse genutzt.

9. Entwicklungen im Studiengang

Der Masterstudiengang Ingenieur und Hydrogeologie entwickelt sich laufend hinsichtlich (i) des wissenschaftlichen Fortschritts (Scientific Innovation), (ii) der veränderten Arbeitsmarktanforderung (Employability) und der Optimierung des Kompetenzerwerbs im Studium (Qualification) fort. Kernelement der Diskussion über Innovation, Employability und Qualifikation sind die Instrumente des runden Tisches, der Studienkommission und der erweiterten Studienkommission. Von 2015–2017 wurden semesterweise runde Tische durchgeführt, bei denen Studiengangsverbesserungen von Vertreter*innen der Studierenden eingebracht, und mit Vertreter*innen aller Lehrstühle/Fachgebiete und des akademischen Mittelbaus diskutiert wurde. Die Umsetzung geeigneter Maßnahmen wurde in einem Protokoll am Ende des Semesters dokumentiert. Ab Juli 2018 wurden in vier Sitzungen der Studiengangskommission mit einer proportionalen Besetzung aus Semestersprecher*innen des Masterstudiengangs, Vertreter*innen des akademischen Mittelbaus und Professoren sowie Fakultätsreferent*innen für Studium und Lehre und der Fachschaft B.Sc. Geowissenschaften Leitlinien für die Neugestaltung des Masterstudiengangs Ingenieur- und Hydrogeologie festgelegt. Im Januar 2019 wurde der Studiengang von externen Gutachtern im Kreise der erweiterten Studienkommission evaluiert und die jetzt eingeleiteten Veränderungen im Zuge der Neugestaltung des Masterstudiengangs als zielführend eingestuft. Wichtig dabei ist die Beibehaltung der bisherigen Ausrichtung und Inhalte, insbesondere der praktischen Geländeausbildung, die als Alleinstellungsmerkmal dieses Masterstudiengangs gilt. Zudem ist der

Masterstudiengang Ingenieur- und Hydrogeologie auf die neu aufgestellten Empfehlungen für den Sachverständigen für Geotechnik abgestimmt (siehe Anhang A-5). In den Studiengangsbefragung 2016 und 2018 wird der laufende Masterstudiengang Ingenieur- und Hydrogeologie mit Gesamtnoten zwischen 2,1. und 2,2. bewertet, in der Studiengangsbefragung 2016 gaben 96 % der Studierenden an, sie würden wieder den gleichen Studiengang am gleichen Studienstandort wählen.

Die wissenschaftliche Innovation wird im Studiengang reflektiert über methodische und inhaltliche Anpassungen. Durch die Neubesetzung des Lehrstuhls für Hydrogeologie und die Neueinrichtung einer Professur für Hangbewegungen wurden neue Themen wie Naturgefahren und Georisiken, Schadstofftransport, Geothermie und geochemische Untersuchungsverfahren verstärkt in das Studienangebot integriert und das methodische Angebot im Labor, Gelände und in den Modellierkursen erheblich ausgeweitet. Neue geophysikalische, geochemische und geomechanische Untersuchungsmethoden und Modellierungsmethoden werden „hands-On“ in zahlreichen Kursen vermittelt. Die voraussichtliche Besetzung einer Professur für Geothermie in 2019 wird weiter das Profil des Studiengangs schärfen.

Die Employability aus unserem Studiengang heraus ist derzeit hervorragend; ein Großteil der Absolvent*innen hat bereits vor dem Studienabschluss einen Vertrag unterschrieben. Der neue Masterstudiengang ab 2019 ist erstmals so konzipiert, dass der Studienabschluss für den neu eingeführten *Sachverständigen für Geotechnik (EASV)* (vgl. Anhang A-5) qualifiziert, sobald genügend Berufserfahrung im Anschluss an das Studium nachgewiesen wurde. Unter den Gründen, die Studierende für die Wahl des Studiengangs angeben, ist „der gute Ruf des Studiengangs im Hinblick der Jobaussichten“ der am häufigsten genannte Punkt neben der „Qualität des Studiums“, der „hohen Fachkompetenz der Dozierenden“ und der „Themenkombination Ingenieur- und Hydrogeologie und Hangbewegungen“

Im Wirkumfeld des Münchner GeoZentrums, das gemeinsam von LMU und TUM getragen wird, hat sich der Master Ingenieur- und Hydrogeologie mit ca. 20–25 Studierenden pro Studienjahr zu dem der zweitstärksten Masterstudiengang entwickelt, zusammen mit Geomaterialien und Geochemie (LMU). Weitere Masterstudiengänge im geowissenschaftlichen Bereich sind Geophysics (LMU), Geo- and Paleobiology (LMU), GeoEnergie und Geothermie (FAU/TUM) und Geology (LMU). Die Absolvent*innen qualifizieren sich dabei in alle angewandten Berufszweigen und auch für die wissenschaftliche Laufbahn. Typische Arbeitgebende sind geologische und geotechnische Ingenieurbüros in Umwelttechnik, Geothermie und Baufirmen, Universitäten (z.B. ETH, TU Graz, KIT) und Forschungsinstitute (z.B. WSL, SLF, GFZ) sowie die gehobene Verwaltung auf Landes- und Bundesebene (Landesamt für Umwelt, Umweltministerium, Straßenbauamt, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) und die Ressourcenbranche.

Dieses überaus positive Feedback des akademischen und angewandt-geologischen Arbeitsmarktes, die guten Bewertungen der Studiengangsevaluierungen und die hohe externe Anerkennung

des Studiengangs Ingenieur- und Hydrogeologie reflektieren die regelmäßigen Weiterentwicklungen im Kräftefeld des wissenschaftlichen Fortschritts, der veränderten Arbeitsmarktanforderungen und der Optimierung des Kompetenzerwerbs im Studium.

Anhang der Studiengangsdokumentation

A-1: Personal-Ressourcentabelle

A-2: Übersicht über Räume und Ausstattung

A-3: Stundenpläne des 1. bis 3. Fachsemesters

A-4: Letter of Intent der Fakultät für Chemie

**A-5: Anforderungen an Sachkunde und Erfahrung von Sachverständigen für
Geotechnik – (Dokument der DGGT – Fachsektion Erd- und Grundbau, AK 2.1.1)**