

Aktuelle Projekte am Institut für Markscheidewesen und Geodäsie der TU Bergakademie Freiberg

Jörg Benndorf

TU Bergakademie Freiberg, Institut für Markscheidewesen und Geodäsie

ZUSAMMENFASSUNG:

Der Beitrag informiert über Themen und Aktivitäten am Institut für Markscheidewesen und Geodäsie der TU Bergakademie Freiberg im Zeitraum 2017/2018.

ABSTRACT:

This contribution highlights activities and research topics, which form the focus of research, teaching and outreach of the Department of Mine Surveying and Geodesy of the TU Bergakademie Freiberg during the period 2017/2018.

1 Einleitung

Seit der Neubesetzung der Professur für Geomonitoring und Markscheidewesen im September 2016 befindet sich das Institut für Markscheidewesen und Geodäsie der TU Bergakademie Freiberg in der Neuausrichtung. Im vergangenen Jahr wurde im Rahmen eines institutsinternen Strategieprogrammes die Zielstellung und die Ausrichtung des Institutes formuliert sowie drei wesentliche Handlungsfelder definiert:

- Außendarstellung und Marketing: Sichtbarkeit in der Wissenschaft, Industrie sowie Einwerbung von Studierenden,
- universitäre Ausbildung von Diplomingenieuren und Doktoranden sowie
- anwendungsinspirierte Grundlagenforschung im Bereich des Markscheidewesens und des Geo-Monitorings.

Das Anliegen des Beitrags ist es, zunächst über die Zielstellung und die Ausrichtung des Institutes zu informieren. Nachfolgend wird auf aktuelle Entwicklungen in den einzelnen Handlungsfeldern eingegangen.

2 Mission und Ausrichtung des Institutes

„Das Institut für Markscheidewesen und Geodäsie entwickelt **exzellente ausgebildete Absolventen**, die in der Lage sind, sich zukünftigen Herausforderungen im **Geomonitoring und in der Rohstoffindustrie** zu stellen, innovative Forschungsergebnisse zu erbringen und sich auch als potenzielle Führungskräfte eignen“

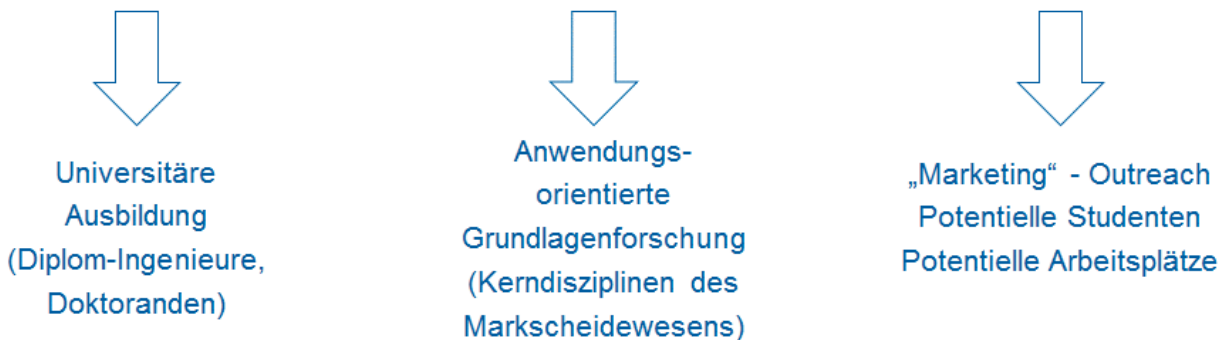


Abb. 1: Mission und Handlungsfelder des Institutes für Markscheidewesen und Geodäsie

Das Institut für Markscheidewesen und Geodäsie der TU Bergakademie Freiberg bietet gegenwärtig den einzigen Diplomstudiengang im Bereich Markscheidewesen in Deutschland an. Dabei werden Absolventen für ein klar definiertes Berufsbild ausgebildet, die später in Industrie, Behörde oder Wissenschaft tätig sein können. Als vergleichsweise kleines Institut mit begrenzten Ressourcen gilt es, sich im dynamischen hochschulpolitischen, wissenschaftlichen und praxisrelevanten Umfeld zu behaupten und kontinuierlich sicherzustellen, eine robuste und auch langlebige Ausbildung für den Berufsstand der Markscheider anbieten zu können. Dabei besteht stets der Anspruch, auf aktuelle Herausforderungen der Praxis und absehbare zukünftige Entwicklungen, beispielsweise getrieben

durch die Digitale Revolution oder aktuelle Änderungen in den gesetzlichen Rahmenbedingungen, einzugehen. Vor diesem Hintergrund wurde die in Abbildung 1 dargestellte Mission und die damit verbundenen Handlungsfelder universitäre Lehre, anwendungsinspirierte Grundlagenforschung und Marketing bzw. Außendarstellung formuliert.

Die Mission wurde bewusst zeitlos, ohne Bezug auf konkrete Themen, formuliert und setzt eine hochqualitative und praxisnahe universitäre Ausbildung in den Vordergrund. Eine gut funktionierende Dreiecksbeziehung zwischen Lehre, Forschung und Praxis ist in der Ingenieurausbildung eine Grundvoraussetzung, um innovative und praxisnah ausgebildete Absolventen verabschieden zu können. Dabei ändern sich die Anforderungen aus der Industrie, den Behörden oder auch aus wissenschaftlichen Einrichtungen an zukünftige Absolventen kontinuierlich. Um diesem dynamischen Umfeld gerecht zu werden, wird ein enger Dialog mit der Industrie, mit Behörden oder auch wissenschaftlicher Einrichtungen der Nachbardisziplinen als notwendig erachtet. Dafür wurde im Januar 2018 ein Fachbeirat für das Institut für Markscheidewesen und Geodäsie einberufen. Dieser soll dem Institut bei der strategischen Ausrichtung der Schwerpunkte in Lehre und Forschung beratend zur Seite stehen. Im Rahmen dieser Plattform können ebenfalls gemeinsame, betriebs- oder branchenübergreifende Herausforderungen besprochen und Schwerpunkte gesetzt werden, die in Qualifikationsarbeiten, Lehrprojekten oder Forschungsprojekten bearbeitet werden sollen. Sechzehn Kollegen aus verschiedensten Industriezweigen, aus der Behörde und Wissenschaft konnten als Beiratsmitglieder gewonnen werden. Die nächste Sitzung ist Anfang 2019 geplant.

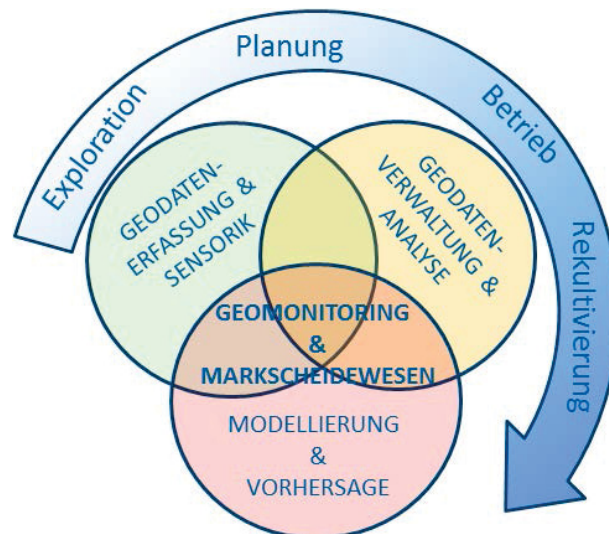


Abb. 2: Institutsprofil und Kernkompetenzen

Die fachliche Ausrichtung der Professur für Geomonitoring und Markscheidewesen stützt sich auf die drei Grundpfeiler:

- Erfassung und Verdichtung sowohl geometrischer als auch qualitativer raumbezogener Daten im Zusammenhang mit der Lagerstätte und deren Gewinnung (**Geodatenerfassung**),
- Dokumentation, Speicherung und das Management der Daten sowie die Kartographie, im Speziellen die Erstellung und Führung des bergmännischen Risswerkes nach § 63 BBergG (**Geodatenmanagement und Dokumentation**) sowie

- Analyse und Interpretation der Daten, die datenbasierte Modellierung sowie die modellbasierte Vorhersage im Bereich der Lagerstätte (Lagerstättenmodellierung und Bewertung von Vorräten) sowie im Bereich anthropogener, durch den Bergbau hervorgerufener Bodenbewegungen (**3D-Modellierung und Vorhersage**),

während der Stadien der Erkundung, der Auffahrung, des operativen Betriebes sowie der Rekultivierungs- und des Nachbergbaus in der Rohstoffwirtschaft und im Geoingenieurwesen. Je nach konkretem Anwendungsfall erfolgt eine Verknüpfung von Disziplinen dieser drei Grundpfeiler in anspruchsvolle Monitoringkonzepte.

3 Außendarstellung des Institutes

Aufgrund der Stellung eines universitären Institutes im gesellschaftlichen Umfeld werden in der Außendarstellung drei Zielgruppen angesprochen:

- potentielle Studierende,
- Industrie sowie
- nationale und internationale Wissenschaftler auf dem Gebiet des Geomonitorings und Markscheidewesen.

a) *Studierendeneinwerbung*

Als eines der aktuell wichtigsten Aufgabenfelder am Institut werden Aktivitäten zur Einwerbung zukünftiger Studierender angesehen. Das Studienfach „Markscheidewesen“ ist im heutigen Dschungel vieler möglicher und „bunter“ BSc- und MSc- Abschlüsse ein kleines Pflänzchen, das von interessierten Schülern gefunden werden möchte. Dabei ist ganz klar festzustellen, dass die Sichtbarkeit des Faches Markscheidewesen in Abiturientenkreisen nahezu Null ist. Es gilt also, kontinuierlich Grundlagenarbeit zu leisten und dabei die inhaltliche Vielfalt des Faches sowie die sehr guten Karrierechancen unter Schülern aber auch unter Lehrern bekannt zu machen. Mit diesem Ziel verfolgen Kollegen, aber auch Studierende des Institutes vielfältige Unternehmungen, u.a.:

- Besuche von Gymnasien zum Projektunterricht (z.B. an Gymnasien Flöha, Borna, Leipzig) und Aufbau langfristiger Partnerschaften
- Gestaltung von Projekttagen zu MINT-Themen, z.B. „Vermessung der Erde“ an Gymnasien in Freiberg und Brand-Erbisdorf
- Teilnahme an der Schülersmesse „MINT400 – Das Hauptstadtforum“ in Berlin und Gestaltung eines Workshops „I2GEO - Messen, Analysieren, Modellieren und Optimieren zur umweltbewussten, sicheren und effizienten Nutzung von Geo-Ressourcen“
- Gestaltung einer Sommerschule im Oktober 2018: MINT EC-Camp „Auf der Suche nach Hightech - Rohstoffen für iPad & Co“
- Studentenbotschafter (Studierende besuchen ihre ehemaligen Gymnasien)

Über das ganze Jahr hinweg bietet das Institut an, Gymnasien zu besuchen und zu verschiedenen Themen zu referieren, u.a.:

- Virtuelle Realität – 3D-Messungen in Punktwolken und digitalen Bildern
- Was haben Aktienkurse mit Bohrungen zu tun? – Eine Einführung in die Lagerstättenvorratsermittlung und Risikobewertung
- Detektion von Änderungen der Landnutzung mit Hilfe aktueller Satellitendaten am Beispiel des Landkreises Mittelsachsen
- Feldmesspraktikum

Mit der Erstellung eines Image-Videos über das Studium des Markscheidewesens in Freiberg möchte das Institut zukünftig auch gängige Internetplattformen und soziale Medien als Kommunikationskanäle nutzen.

Bei all den Aktivitäten werden die Alleinstellungsmerkmale eines Studiums in Freiberg herausgestellt. Durch weitere gezielte Aktivitäten soll somit eine Marke „Markscheidewesen“ entwickelt werden.

b) Industrie

In verschiedenen Forschungs- und Entwicklungsprojekten werden Erkenntnisse aus Forschungsprojekten in die Industrie transferiert. Schwerpunkte dieser Projekte bilden aktuell:

- Monitoring bergbauinduzierter Bodenbewegungen, verbunden mit Netzausgleichung und Deformationsanalysen,
- Bergschadenkundliche Analysen und Prognosen,
- Geostatistische Genauigkeitsuntersuchungen im Produktionsprozess,
- Geostatistische Vorratsermittlung und Konformitätsanalysen zu internationalen Standards,
- Innovative 3D-Messverfahren,
- Kopplung von operativem Monitoring und geostatistischen Vorhersagemodellen im Goldbergbau,
- Prozesssimulation von Gewinnungsprozessen

Neben konkreten Projekten wird das Institut zukünftig vermehrt Weiterbildungskurse zu aktuellen Themen im Rahmen von Workshops anbieten. So werden bereits über die Bildungsakademie des BDG-Seminare zu den Themen

- Einführung in Geostatistische Modellierung (November 2017) und
- Geostatistik Teil 2: Angewandte Geostatistik im Rohstoff- und Umweltbereich (November 2018)

angeboten. Darüber hinaus sollen zu Konferenzen, beispielsweise im Rahmen des Geokinematiscen Tages, zukünftig ebenfalls Weiterbildungsthemen zu aktuellen Themen angeboten werden. Den Anfang bildet in diesem Jahr der Kurs „Zeitreihenanalyse mit Python“.

Durch aktive Mitarbeit der Institutsmitarbeiter in verschiedenen Gremien und Arbeitskreisen, z.B. des Deutschen Markscheidervereins, wird ebenfalls der Wissenstransfer zur Industrie realisiert.

c) **Wissenschaft**

Zur nationalen und internationalen Sichtbarkeit in Wissenschaftskreisen nehmen Institutsmitarbeiter regelmäßig an einschlägigen Konferenzen Teil und publizieren Forschungsergebnisse in Zeitschriften. Neben der Ausrichtung der jährlichen Konferenzen, Geokinematischer Tag und des Altbergbaukolloquiums, bildeten im letzten Jahr die Ausrichtung der Session „Real-Time Mining“, während der jährlichen Konferenz der IAMG in Perth, sowie die Mitausrichtung der ersten internationalen Konferenz „Real-Time Mining: International Raw Materials Extraction Innovation Conference“ in Amsterdam die Höhepunkte. Die Tagungsbände oder Teile dieser sind online auf der Internetseite des Institutes abrufbar.

4 **Universitäre Ausbildung**

Mit der Neubesetzung der Professur und der damit einhergehenden Anpassungen in der fachlichen Ausrichtung des Institutes erfolgte eine Überarbeitung der Prüfungs- und Studienordnung im Fach Markscheidewesen und Angewandte Geodäsie. Unter Beachtung der Anforderungen an ein späteres Referendariat fanden folgende wesentliche Veränderungen Anwendung:

- Einführung einer **neuen Vertiefungsrichtung Altbergbau** neben den bereits existierenden Vertiefungen Tagebau und Tiefbau
- Erhöhung der Anzahl der Leistungspunkte für freie Wahlmodule und damit **größere Profilierungsmöglichkeiten für Studierende** während des Studiums
- Aufnahme der Fächer **Umweltrecht** sowie die **Englische Fachsprache** als Pflichtmodule
- **Projektbasierte Vorlesungen** in den höheren Fachsemestern (Fach „Geospatial Data Analysis and Geomodelling“ und Markscheiderisches Lagerstättenmanagement)

Ab dem Wintersemester 2018 werden neu eingeschriebene Studierende nach der neuen Prüfungs- und Studienordnung studieren,

Mit dem im April gestarteten, durch das EIT RawMaterial geförderte, Projekt EC – GeoSustain soll die Internationalisierung des Faches Markscheidewesen vorangetrieben werden. In den nächsten beiden Jahren werden die Universitäten in Freiberg (Deutschland), Delft (Niederlanden), Leoben (Österreich), Wroclaw (Polen) sowie Lisabon (Portugal) ein gemeinsames **internationales MSc-Programm „Geomatics for Mineral Resource Management“** erarbeiten. Dabei sind Austauschsemester und Doppelabschlüsse vorgesehen. Die erste Kohorte soll 2020 ihr MSc-Studium beginnen. Der genaue Inhalt sowie die administrativen Details werden in den nächsten beiden Jahren erarbeitet.

5 Aktuelle Forschungsprojekte

Im Rahmen der fachlichen Ausrichtung der Professur wird aktiv an verschiedensten Forschungsprojekten mitgearbeitet. Dabei kristallisiert sich heraus, dass auch in Zukunft die Themen (1) Sensorik zur automatisierten Datenerfassung, (2) Methoden zur Analyse und Extraktion relevanter Informationen aus hochdimensionalen Sensordaten sowie (3) Verfahren zur Echtzeit – Geomodellierung (Bodenbewegungen und Lagerstätte), basierend auf online-Daten, eine zentrale Rolle in der Forschung einnehmen werden. Im Folgenden ist eine Kurzfassung zu den aktuell öffentlich geförderten Projekten gegeben.

RTRO-Coal - "Real-Time-Reconciliation and Optimization of the production process in large open pit coal mining operations" (Laufzeit: Oktober 2013 bis September 2017)

Förderträger: Europäischer Research Fund for Coal and Steel

RTRO-Coal ist ein Europäisches Projekt, das zum Ziel hat, vorhandene online-Produktionsdaten, z.B. Kohlequalitätsdaten auf dem Förderband, für eine effizientere und ressourcenschonendere Betriebsführung in Kohletagebauen nutzbar zu machen. Die Abkürzung RTRO steht für "Real-Time-Reconciliation and Optimization", d.h. für eine Echt-Zeit-Aktualisierung des Lagerstättenmodells und Optimierung von Entscheidungen in der Betriebsführung und Kurzfristplanung in großen Kohletagebauen. Das Projekt integriert die Methoden Qualitätsmodellierung in Kohletagebauen, Prozesssimulation und Optimierung, Datenanalyse und moderne Verfahren zur Datenassimilierung von Produktionsdaten. Gemeinsam mit den Partnern MIBRAG, RWE, AGH Kraków und TU Delft wurden neue Verfahren zur Prozesssimulation und Optimierung sowie zur schnellen Aktualisierung von Lagerstättenmodellen entwickelt. Einige dieser Entwicklungen werden gegenwärtig operativ implementiert. Der Abschlussbericht wird Ende dieses Jahres online zur Verfügung stehen.

Real-Time Mining - "Real-time optimization of extraction and the logistic process in highly complex geological and selective mining settings" (Laufzeit April 2015 bis März 2019)

Förderträger: Europäisches Rahmenprogramm Horizon 2020

Das Ziel von Real-Time Mining ist die Integration von sensorgestützten Monitoring-Systemen in die Gewinnung komplexer Erzlagerstätten, die gekoppelt mit Echtzeit-Datenanalyse und Aktualisierung des Ressourcenmodells sowie intelligenter Entscheidungsoptimierung die Betriebsführung unterstützen sollen. Das Konzept fördert einen Paradigmenwechsel von einer bisher diskontinuierlichen auf eine zukünftig kontinuierliche Prozessüberwachung und Qualitätssteuerung in der hochselektiven Gewinnung von Lagerstätten. Im Vordergrund stehen dabei die Steuerung und Optimierung von Gehalten und weiteren relevanten Charakteristika des gewonnenen Rohstoffes in Stoffströmen entlang der gesamten Prozesskette von Erkundung, Extraktion, bergbauliche Logistik bis zur Zerkleinerung. Im Jahr 2018 werden Demonstrationsaktivitäten zu den entwickelten Methoden Algorithmen im industriellen Umfeld durchgeführt. Ein wesentlicher Teil davon ist eine teilautomatisierte geologische Kartierung von Gangerz in der Reichen Zeche, verbunden mit der Echtzeit-Aktualisierung des lokalen Lagerstättenmodells.

UPNS4D+ - "Untertägiges 4D+ Positionierungs- Navigations- und Mapping System zur hochselektiven, effizienten und im höchsten Maße sicheren Gewinnung wirtschaftsstrategischer mineralischer Rohstoffe (UPNS4D+)" (Projektlaufzeit April 2015 bis März 2018)

Förderträger: Bundesministerium für Bildung und Forschung

Der Grundgedanke dieses Projektes ist der Einsatz autonom navigierender Sensorträger im untertägigen Bergbau zur automatisierten Charakterisierung des untertägigen Umfeldes. Im Rahmen des Forschungsvorhabens, das durch das Institut realisiert wird, sollen Lösungen für die Lithostratigraphie, die Klufflächenanalyse, die Haufwerksanalyse und das Grubenbaumonitoring als Voraussetzungen für einen nachhaltigen, effektiven und selektiven Gewinnungsprozess erarbeitet werden. Darüber hinaus sollen ein Sicherheitsmonitoring (automatisiertes Monitoring von geometrischen Deformationen, von Feuchtigkeitsstellen und anderen Änderungen), sowie eine automatisierte Laufendhaltung von Teilen des Risswerkes (Gewinnungsriss und Geologischer Riss) realisiert werden.

- Geometrie - Klufflächenanalyse: Erfassung, Monitoring und Charakterisierung von Klufflächen als Grundlage der Bewertung der Standsicherheit und lokalen Abbaudimensionierung.
- Geometrie - Haufwerksanalyse: Bestimmung der Korngrößenzusammensetzung und der Kornformen des Haufwerks als Grundlage zur Optimierung und Kontrolle von Gewinnungssprengungen und der nachgeschalteten Gesteinszerkleinerung.
- Geometrie – Grubenbau: Ableitung des aufgefahrenen Grubenbaus aus den vorhandenen georeferenzierten Daten, Klassifizierung und Extraktion von ausgewählten, im Risswerk darzustellenden, Betriebsanlagen und –einrichtungen (Schienen, Elemente des Leitungssystems, der Bewetterungsanlage, der Elektroinstallation usw.)
- Geometrie - Deformationsanalyse, Monitoring der Bergwerksgeometrie: Ableitung von Hohlraumkonvergenzen aus wiederholt automatisch gemessenen Teilen des Grubenbaus.
- Lithostratigraphie: Automatisierte Erkundung und Vorhersage von geochemischen und gesteinsphysikalischen Eigenschaften der anstehenden Materialien im Untertagebergbau mit Hilfe von fernerkundungsbasierten Verfahren zur Objekt- und Merkmalerkennung und unter Nutzung verschiedenster Sensoren.

Aktuell erfolgt die Demonstration der Forschungsergebnisse in einem aktiven Salzbergwerk in Thüringen.

CopServMineWater – „Copernicus supported Life Cycle Mine Water Monitoring“ (Projektlaufzeit Januar 2018 bis Juli 2018)

Förderträger: EIT RawMaterial

Das Projektziel ist die Untersuchung der Anwendbarkeit der Copernicus – Fernerkundungsdaten auf Fragestellungen des Wassermanagements entlang der gesamten Prozesskette der Rohstoffgewinnung. Das Institut untersucht im Steinkohlebergbau - Flutungsgebiet Oelsnitz die Einsetzbarkeit von Sentinel 2-Daten zum großflächigen Monitoring von flutungsbedingten Hebungen im Bereich von drei bis fünf mm/a. In einer zweiten Studie wird retrospektiv der Dambruch des Rückstandsbeckens des Projektes Bento Redruiguez in Brasilien im Jahr 2015 untersucht. Ziel ist es dabei, eine mögliche räumliche Verteilung kontaminierender Stoffe entlang des Flusslaufes auf der Basis von Sentinel 1-Daten und verschiedener Klassifizierungsmethoden zu kartieren und darauf aufbauend mögliche Auswirkungen auf angrenzende Vegetation zu detektieren. Projektpartner ist die DMT sowie die Firma EFTAS aus Münster.

Undromeda – „Underground Robotic System for Monitoring, Evaluation and Detection Applications“ (Projektlaufzeit April 2018 bis März 2021)

Förderträger: EIT RawMaterial

Ergebnis des Projektes soll ein autonomes Robotersystem zur Erkundung und Überwachung unterirdischer Kavernen, Tunnel und Kanäle sein. Von einer mobilen Plattform soll hierzu eine Drohne starten können, die mit hochempfindlichen Kameras und Radarsystemen schwer zugängliche unterirdische Bereiche durchfliegen und erkunden kann. Eingesetzt werden zum Beispiel Laser-Scanner, Radar, 3-D-Messtechnologie und optische Navigationsgeräte. Das Institut für Markscheidewesen fokussiert auf die Fragestellung, inwieweit die durch autonome Erkundung erzeugten 3D-Punktwolken eine belastbare Datenbasis im Sinne rechtlicher und anwendungsbedingter Anforderungen darstellt. Dazu werden Verfahren und Prozessflüsse zur durchgreifenden Genauigkeitsbetrachtung sowohl in der autonomen Positionierung des Trägersystems als auch in den entstehenden Punktwolken entwickelt. Von Seiten der TU Bergakademie Freiberg sind die Professoren Bernhard Jung, Virtuelle Realität und Multimedia, und Jörg Benndorf, Markscheidewesen und Geodäsie, beteiligt. Die Koordination dieses Projektes liegt bei der DMT.

ARIDuA – „Autonome Roboter und Internet der Dinge in untertägigen Anlagen“ (Projektlaufzeit Juli 2017 bis Juni 2020)

Förderträger: *Europäischer Sozialfonds (ESF)*

Die interdisziplinäre ESF-Nachwuchsforschergruppe ARIDuA forscht seit dem 01. Juli 2017 institutsübergreifend an der TU Bergakademie Freiberg im Themenkomplex Autonome Roboter und Internet der Dinge in untertägigen Anlagen. Der Freistaat Sachsen fördert das Projekt aus den Fördermitteln des Europäischen Sozialfonds (ESF). Das Vorhaben läuft bis Ende Juni 2020. Im Arbeitspaket 4 befasst sich das Institut für Markscheidewesen und Geodäsie mit der Entwicklung von Visualisierungs- und Datenanalysewerkzeugen. Dabei sollen Algorithmen zur Kategorisierung und mehrschichtige Analyse untertage aufgenommener Sensordaten entwickelt werden. Im Vordergrund steht die Anwendung von Hyperspektralkameras zur geologischen Kartierung. Gegenwärtig erfolgt die Implementierung von Klassifizierungsalgorithmen und geostatistischer Verfahren.