

Shima Hajinia Leilabadi, Bernd G. Lottermoser, Michael Roach, Emmanouil A. Varouchakis, Evangelos Machairas, Felipe González Barrionuevo, Manuel Toscano Macia, José Miguel Nieto

The IMMERSE Project: Virtual Excursions on Critical Raw Materials for the Clean Energy Transition

Critical raw materials (CRMs) play a pivotal role in the transition to clean energy and the achievement of the European Green Deal, contributing significantly to the realization of the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs). A sustainable supply of CRMs is fundamental for all industrial sectors and will determine the destiny of Europe. Strengthening local production and sustainable management of these resources are crucial to reduce dependence on imports and ensure a secure and resilient supply chain. As the focus on sustainable resource practices grows, there is a rising need for skilled professionals to ensure the responsible

and secure extraction of CRMs. However, a notable challenge in Europe is the shortage of qualified specialists in the mining and mineral raw materials sector. In response to this urgency, the collaborative IMMERSE (Immersive Virtual Tours on Critical Minerals for Clean Energy Transition) project has been initiated, uniting prominent universities across Europe and Australia to bridge the gap in training raw materials experts through innovative learning and teaching practices, focusing on sustainable mining practices in the CRMs sector.

Das IMMERSE-Projekt: Virtuelle Exkursionen zu kritischen Rohstoffen für die Energiewende

Kritische Rohstoffe (CRMs) spielen eine zentrale Rolle bei der Energiewende und der Verwirklichung des Europäischen Green Deal und tragen wesentlich zur Erreichung der Ziele für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen (SDGs) bei. Eine nachhaltige Versorgung mit CRMs ist für alle Industriesektoren von grundlegender Bedeutung und beeinflusst die Entwicklung Europas. Die Stärkung der lokalen Produktion und der nachhaltigen Nutzung dieser Ressourcen ist von entscheidender Bedeutung, um die Abhängigkeit von Importen zu verringern und eine sichere und widerstandsfähige Lieferkette zu gewährleisten. Mit der zunehmenden Fokussierung auf nachhaltige Rohstoffgewinnung steigt der Bedarf an qualifizierten Fachkräften, die eine

verantwortungsvolle und sichere Gewinnung von CRMs gewährleisten. Eine bemerkenswerte Herausforderung in Europa ist jedoch der Mangel an qualifizierten Fachkräften im Bergbau- und Rohstoffsektor. Als Reaktion auf diese Dringlichkeit wurde das Gemeinschaftsprojekt IMMERSE (Immersive virtuelle Exkursionen zu kritischen Rohstoffen für die Energiewende) ins Leben gerufen, das namhafte Universitäten in Europa und Australien zusammenbringt, um die Lücke in der Ausbildung von Rohstoffexperten durch innovative Lern- und Lehrmethoden zu schließen, die sich auf nachhaltige Bergbaupraktiken im CRM-Sektor konzentrieren.

Motivation

By the end of 2050, Europe must ensure the achievement of the European Green Deal and a full commitment to the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs) (1). At the core of these efforts lies the critical need for a sustainable supply of critical raw materials (CRMs), which are the essential for diverse industries and have significant economic value for key sectors in the European economy. However, the European industry is highly vulnerable to the supply risks associated with CRMs, mainly due to its high dependence on imports and the concentration of these materials in certain countries (2). This dependence underlines the urgent need to move towards a more resource-efficient economy, while promoting sustainable development (3).

Motivation

Bis Ende 2050 muss Europa die Verwirklichung des Europäischen Green Deal und ein vollumfängliches Bekenntnis für die Ziele der Vereinten Nationen für nachhaltige Entwicklung (SDGs) sicherstellen (1). Im Mittelpunkt dieser Bemühungen steht die Notwendigkeit einer nachhaltigen Versorgung mit kritischen Rohstoffen (CRMs), die für verschiedene Industriezweige unverzichtbar sind und einen erheblichen wirtschaftlichen Wert für Schlüsselsektoren der europäischen Wirtschaft haben. Die europäische Industrie ist jedoch sehr anfällig für die mit CRMs verbundenen Versorgungsrisiken, vor allem aufgrund ihrer hohen Abhängigkeit von Importen und der Konzentration dieser Materialien in bestimmten Ländern (2). Diese Abhängigkeit unterstreicht die dringende Notwendig-

As the focus on sustainable resources increases, there is a rising need for skilled professionals to ensure the responsible and secure extraction of CRMs. This is essential to meet the growing demand for CRMs, strengthen Europe's competitiveness and to reduce its import dependence of CRMs. However, a notable challenge in Europe is the shortage of qualified specialists in the mining and mineral raw materials sector.

Mining studies face numerous challenges, particularly in translating theoretical knowledge into practical skills, which hinders the smooth transition from academic education to professional practice (4). In addition, the field of mining engineering and its associated education sector are undergoing a sustained period of change, resulting in declining student numbers. This decline is largely due to negative societal perceptions of mining, whereby concerns about possible environmental degradation and social impacts overshadow its economic contributions. As public opinion shifts away from mining as a career choice, fewer students are attracted to the sector, which in turn exacerbates the skills gap and skill shortage in the mining industry. As a result, higher education institutions face challenges in securing the financial resources necessary to maintain the attractiveness of mining-related programs.

Hands-on learning experiences, such as field trips, are essential for effective mining education. However, these experiences are costly and often impractical for large groups of students (5). In addition, traditional teaching methods like lectures, which often lack student engagement, need to be replaced by more innovative approaches. This shift is being driven by technological advances and changing student attitudes to learning (6).

Virtual Excursions (VEs) are innovative educational tools that enhance the integration of scientific research with practical applications in industry, allowing students to safely engage with scenarios in the classroom that are often difficult to access or pose safety risks in real life. By simulating real-world mining environments through immersive online experiences, VEs enable students to explore current research and industry practices without geographical limitations. These virtual experiences encourage the exploration of sustainable practices and innovative solutions to today's mining challenges, aligning educational outcomes with market demands.

The IMMERSE (Immersive Virtual Tours on Critical Minerals for Clean Energy Transition) project is a pioneering initiative in educational innovation aimed at developing VEs to improve education in the CRMs sector. This collaborative effort unites leading universities from Europe and Australia to address the training gap for mining and geoscience professionals by implementing innovative teaching and learning practices that emphasize sustainability.

Objective

The primary objective of the IMMERSE project is to develop VEs that enhance education in the CRMs sector, focusing on the entire Life of Mine (LOM) cycle of these materials. By simulating real-world mining scenarios, these VEs allow students to engage with complex concepts in a simulated environment, improving their understanding and retention of key principles. The project also aims to provide flexible, time and cost-saving teaching concepts to enhance the accessibility of educational materials. Through virtual technologies, these resources can be accessed anytime and any-

zeit, zu einer ressourceneffizienteren Wirtschaft überzugehen und gleichzeitig eine nachhaltige Entwicklung zu fördern (3).

Da der Schwerpunkt zunehmend auf nachhaltigen Ressourcen liegt, steigt der Bedarf an qualifizierten Fachkräften, die eine verantwortungsvolle und sichere Gewinnung von CRMs gewährleisten. Dies ist unerlässlich, um die wachsende Nachfrage nach CRMs zu befriedigen, die Wettbewerbsfähigkeit Europas zu stärken und Europas Abhängigkeit von CRM-Importen zu verringern. Eine nennenswerte Herausforderung in Europa besteht im Mangel an qualifizierten Fachkräften im Bereich des Bergbaus und der mineralischen Rohstoffe.

Das Bergbaustudium steht vor zahlreichen Herausforderungen, insbesondere bei der Umsetzung von theoretischem Wissen in praktische Fähigkeiten, was einen reibungslosen Übergang von der akademischen Ausbildung zur Berufspraxis behindert (4). Darüber hinaus befinden sich das Fachgebiet Bergbauingenieurwesen und der zugehörige Bildungssektor in einem anhaltenden Wandel, der zu rückläufigen Studierendenzahlen führt. Dieser Rückgang ist größtenteils auf die negative gesellschaftliche Wahrnehmung des Bergbaus zurückzuführen, bei der die Besorgnis über mögliche Umweltzerstörungen und soziale Auswirkungen den wirtschaftlichen Beitrag des Bergbaus überschatten. Da sich die öffentliche Meinung vom Bergbau als Berufswahl abwendet, fühlen sich immer weniger Studierende von diesem Sektor angezogen, was wiederum die Qualifikationslücke und den Fachkräftemangel in der Bergbauindustrie vergrößert. Infolgedessen stehen die Hochschulen vor der Herausforderung, finanzielle Mittel zu sichern, die notwendig sind, um die Attraktivität bergbaubezogener Studiengänge zu erhalten.

Praktische Lernerfahrungen, wie z. B. Exkursionen, sind für eine effektive Bergbauausbildung unerlässlich. Jedoch sind solche Exkursionen teuer und für große Gruppen von Studierenden oft nicht umsetzbar (5). Darüber hinaus müssen traditionelle Lehrmethoden wie Vorlesungen, denen es oft an Interaktionen mit Studierenden mangelt, zunehmend durch innovativere Ansätze ersetzt werden. Dieser Wandel wird durch technologische Fortschritte und eine veränderte Einstellung der Studierenden zum Lernen beschleunigt (6).

Virtuelle Exkursionen (VE) sind innovative Lehrmittel, welche die Integration von wissenschaftlicher Forschung und praktischer Anwendung in der Industrie fördern und es den Studierenden ermöglichen, sich im Klassenzimmer gefahrlos mit Szenarien zu befassen, die in der Realität oft schwer zugänglich sind oder Sicherheitsrisiken bergen. Durch die Simulation realer Bergbauumgebungen mittels immersiver Online-Erfahrungen ermöglichen VE den Studierenden, aktuelle Forschungs- und Industriepraktiken ohne geografische Einschränkungen zu erkunden. Diese virtuellen Erfahrungen fördern die Erkundung nachhaltiger Praktiken und innovativer Lösungen für die heutigen Herausforderungen im Bergbau und bringen die Bildungsergebnisse mit den Anforderungen des Markts in Einklang.

Das IMMERSE-Projekt (Immersive virtuelle Exkursionen zu kritischen Rohstoffen für die Energiewende) ist eine bahnbrechende Initiative im Bereich der Bildungsinnovation, die darauf abzielt, VE zu entwickeln, um die Ausbildung im Bereich der CRMs zu verbessern. Diese gemeinsame Anstrengung vereint führende Universitäten aus Europa und Australien, um die Ausbildungslücke für Bergbau- und Geowissenschaftsfachleute zu schließen, indem innovative Lehr- und Lernpraktiken eingeführt werden mit dem Schwerpunkt auf Nachhaltigkeit.

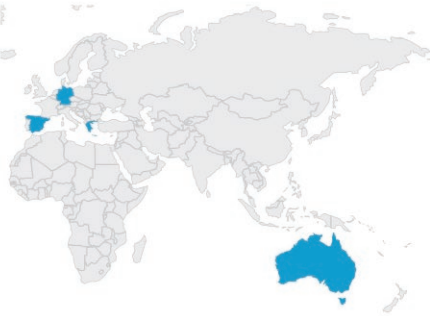


Fig. 1. Project Partners of the IMMERSE project.

Bild 1. Projektpartner des IMMERSE-Projekts: Source/Quelle: RWTH

where, reducing the need for expensive field trips and specialized equipment. Moreover, IMMERSE will produce Open Educational Resources (OER) to ensure widespread access to high quality educational materials. In addition, the project aims to enhance the collaborative capacity of universities by fostering cross-border cooperation, particularly at EU level, enabling students and educators to address common challenges in the mining industry.

Partnership

The IMMERSE project brings together a consortium of leading academic institutions in Europe and Australia, each contributing unique expertise in mining and geosciences (Figure 1). The partnership is led by the Institute of Mineral Resources Engineering (MRE) at RWTH Aachen University, Aachen/Germany, which is well-known for its strengths in sustainable resource management. Collaborating partners include the Centre for Ore Deposit and Earth Sciences (CODES) at the University of Tasmania, Hobart/Australia, renowned for its leading research in ore deposit geology and geosciences, the School of Mineral Resources Engineering (MRE) at the Technical University of Crete, Chania/Greece, with a strong focus on sustainable mining practices, and the Environmental Mineralogy and Geochemistry Group (MGA) at the University of Huelva, Huelva/Spain, with expertise in geological sciences and environmental impact assessments.

Target group

The primary aim of the IMMERSE project is to address the educational needs of specific target groups as follows:

- Undergraduate and postgraduate geoscience and mining students: The primary focus of the project is to provide comprehensive educational resources for undergraduate and postgraduate students in geosciences and mining.
- Public: The project also targets the public with the aim of raising awareness about the significance of CRMs for society and the importance of sustainable extraction practices.
- Universities: In addition, the project seeks to facilitate the creation and dissemination of VEs for educational purposes, encouraging universities and other organizations to develop similar content.

Zielsetzung

Das Hauptziel des IMMERSE-Projekts ist die Entwicklung von VE, welche die Ausbildung im Bereich der CRMs verbessern und sich auf den gesamten Lebenszyklus dieser Materialien konzentrieren. Durch die Simulation realer Bergbauszenarien ermöglichen diese VE den Studierenden, sich mit komplexen Konzepten in einer simulierten Umgebung auseinanderzusetzen, wodurch sie die wichtigsten Prinzipien besser verstehen und verinnerlichen. Das Projekt zielt zudem darauf ab, flexible, zeit- und kosten-sparende Unterrichtskonzepte bereitzustellen, um die Zugänglichkeit von Unterrichtsmaterialien zu verbessern. Durch virtuelle Technologien kann auf diese Ressourcen jederzeit und überall zugegriffen werden, wodurch teure Exkursionen und spezielle Ausrüstungen weniger

notwendig werden. Darüber hinaus werden im IMMERSE-Projekt offene Bildungsressourcen (Open Educational Resources, OER) geschaffen, um einen breiten Zugang zu qualitativ hochwertigen Bildungsmaterialien zu gewährleisten. Zudem zielt das Projekt darauf ab, die Kooperationsfähigkeit von Universitäten zu verbessern, indem es die grenzüberschreitende Zusammenarbeit, insbesondere auf EU-Ebene, fördert und es Studierenden und Lehrkräften ermöglicht, gemeinsame Herausforderungen der Bergbaubranche anzugehen.

Partnerschaft

Das IMMERSE-Projekt bringt ein Konsortium führender akademischer Einrichtungen in Europa und Australien zusammen, die jeweils einzigartige Fachkenntnisse in den Bereichen Bergbau und Geowissenschaften einbringen (Bild 1). Das Projekt wird vom Institute of Mineral Resources Engineering (MRE) der RWTH Aachen University, Aachen, geleitet, das für seine Kompetenz im Bereich des nachhaltigen Ressourcenmanagements bekannt ist. Zu den Kooperationspartnern gehören das Centre for Ore Deposit and Earth Sciences (CODES) an der University of Tasmania, Hobart/Australien, das für seine Spitzenforschung im Bereich der Lagerstättenkunde und Geowissenschaften bekannt ist, die School of Mineral Resources Engineering (MRE) an der Technischen Universität Kreta, Chania/Griechenland, mit einem starken Schwerpunkt auf nachhaltigen Bergbaupraktiken und die Environmental Mineralogy and Geochemistry Group (MGA) an der Universität Huelva, Huelva/Spanien, mit Fachwissen in den Bereichen geologische Wissenschaften und Umweltverträglichkeitsprüfungen.

Zielgruppe

Das Hauptziel des IMMERSE-Projekts ist es, die Bildungsbedürfnisse der folgenden Zielgruppen zu erfüllen:

- Studierende der Geowissenschaften und des Bergbaus im Grund- und Aufbaustudium: Das Hauptaugenmerk des Projekts liegt auf der Bereitstellung umfassender Bildungsressourcen für Studierende der Geowissenschaften und des Bergbaus im Grund- und Hauptstudium.
- Öffentlichkeit: Das Projekt richtet sich zudem an die Öffentlichkeit mit dem Ziel, das Bewusstsein für die Bedeutung von

Project Outcomes

The IMMERSE project aims to deliver several key outcomes:

- **Virtual Excursions:**
During the project, at least ten mining sites will be visited to collect data on different geological settings, mining methods and stages within the LOM cycle. This data will be used to develop a minimum of thirty VEs to ensure comprehensive educational coverage of different mining scenarios.
- **IMMERSE Website:**
A website will be established to share disseminating resources, including VEs and project updates, and to provide guidelines and instructions for the creation of VEs to support a broader audience and extending the impact of the project.
- **Manual for creating VEs:**
The project will develop a manual outlining the process of creating VEs, including best practices for data collection, post-processing and integration into educational frameworks. This manual will be made available as an open-access resource, encouraging the broader adoption of VE creation techniques by other institutions.

The materials created for this project will be delivered in English to reach a wider audience and promote international collaboration.

Approach

The IMMERSE project adopts a systematic approach to enhance education in the raw materials sector through the development of VEs (Figure 2). The initiative began with a workshop aimed at establishing a unified framework to align project objectives, methodologies and educational outcomes. This led to the development of a comprehensive pedagogical framework that addressed the diverse academic needs of the target groups. A standardized software platform was then developed to facilitate collaboration and ensure consistency across partner institutions. Following the selection of critical raw material mine sites, field trips will be conducted to collect digital content, including conventional and 360° imagery, drone footage and geological data. The collected data will be post-processed and enriched with metadata to create structured, interactive educational content according to pedagogical guidelines. The creation of the VEs will then follow the established pedagogical concepts, transforming the raw data into structured,

CRMs für die Gesellschaft und die Relevanz nachhaltiger Gewinnungspraktiken zu schärfen.

- **Hochschullehre:** Darüber hinaus soll das Projekt die Erstellung und Verbreitung von VE für Bildungszwecke erleichtern und Universitäten und andere Organisationen dazu anregen, ähnliche Inhalte zu entwickeln.

Projekt-Ergebnisse

Mit dem IMMERSE-Projekt sollen mehrere wichtige Ergebnisse erzielt werden:

- **Virtuelle Exkursionen:**
Im Rahmen des Projekts werden mindestens zehn Bergbaustandorte besucht, um Daten über verschiedene geologische Gegebenheiten, Abbaumethoden und Phasen des LOM-Zyklus zu sammeln. Diese Daten werden zur Entwicklung von mindestens dreißig VE verwendet, um eine umfassende pädagogische Abdeckung verschiedener Bergbauszenarien zu gewährleisten.
- **IMMERSE Website:**
Es wird eine Website eingerichtet, um Ressourcen, einschließlich VE und Projektaktualisierungen, zu verbreiten und Leitlinien und Anleitungen für die Erstellung von VE bereitzustellen, um die größere Zielgruppe zu unterstützen und die Wirkung des Projekts zu erhöhen.
- **Handbuch zur Erstellung von VE:**
Im Rahmen des Projekts wird ein Handbuch entwickelt, in dem der Prozess der Erstellung von VE beschrieben wird, einschließlich bewährter Verfahren für die Datenerfassung, die Nachbearbeitung und die Integration in pädagogische Rahmenwerke. Dieses Handbuch wird als frei zugängliche Ressource zur Verfügung gestellt, um die umfassendere Anwendung von VE-Erstellungstechniken durch andere Institutionen zu fördern.

Die für dieses Projekt erstellten Materialien werden in englischer Sprache bereitgestellt, um ein breiteres Publikum zu erreichen und die internationale Zusammenarbeit zu fördern.

Ansatz

Das IMMERSE-Projekt verfolgt einen systematischen Ansatz zur Verbesserung der Bildung im Rohstoffsektor durch die Entwicklung von VE (Bild 2). Die Initiative begann mit einem Workshop, bei dem ein einheitlicher Rahmen für die Abstimmung von Projektzielen,

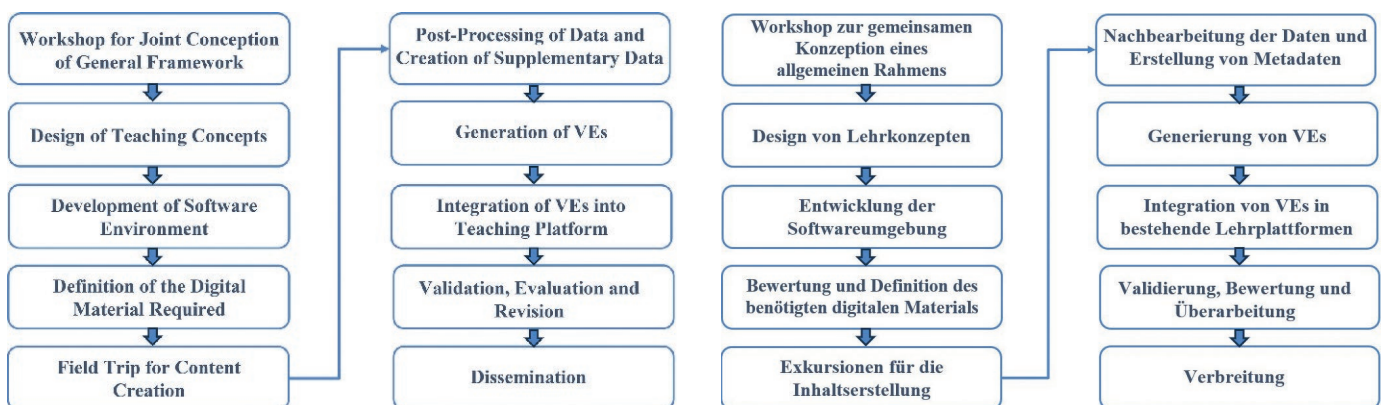


Fig. 2. Structured approach for the development and implementation of VEs in the IMMERSE project. Source: RWTH

Bild 2. Strukturierter Ansatz für die Entwicklung und Implementierung von VE im IMMERSE-Projekt. Quelle: RWTH

interactive educational content. The integration of the VEs into the curricula of the partner universities will be followed by the processes of validation, evaluation and revision to ensure their effectiveness. Finally, the VEs will be disseminated, informed by user feedback and emerging best practices.

Case Studies

To date, field trips to two key mining sites, the Riotinto Mine in Spain and the Gánt Bauxite Mine in Hungary, were undertaken to gather content for the development of VEs. These sites were chosen for their significance and unique geological features, offering students diverse learning opportunities to explore different aspects of mining and sustainable resource management.

- **Riotinto Mine, Spain**

The Iberian Pyrite Belt (IPB) hosts some of the world's most significant volcanogenic massive sulfide deposits, with a mining history of over 5,000 years (7). In the last decade, the IPB has seen a resurgence in mining activity and scientific research (8). The historic Riotinto mine was reopened in 2015 under the management of Atalaya Mining (9) and is currently a fully operational open pit copper mine in the province of Huelva (10). This region has significant historical and environmental value, with mining activities dating back to pre-Roman times (7). In addition, the Riotinto River is a world-famous example of acid mine drainage (AMD) resulting from sulfide oxidation (11) (Figure 3).

Two VEs on Riotinto will showcase the site's unique geological characteristics, AMD challenges, and mining techniques. By incorporating interactive drone footage, 360° photos and videos, and geological data, these two VEs will enhance the students' understanding of mining techniques and environmental challenges in the raw materials sector.

- **Gánt Bauxite Mine, Hungary**

In 1924, Jenő Balás discovered the significant karst bauxite deposit at Gánt, a key part of Hungary's geological efforts to identify new mineral resources after World War I (12). The open

Methods und Bildungsergebnissen erarbeitet wurde. Dies führte zur Entwicklung eines umfassenden didaktischen Rahmens, der die unterschiedlichen akademischen Bedürfnisse der Zielgruppen berücksichtigt. Anschließend wurde eine standardisierte Softwareplattform entwickelt, um die Zusammenarbeit zu erleichtern und die Konsistenz zwischen den Partnereinrichtungen zu gewährleisten. Nach der Auswahl kritischer Rohstoffabbaustätten werden Exkursionen durchgeführt, um digitale Inhalte zu sammeln, darunter konventionelle und 360°-Bilder, Drohnenaufnahmen und geologische Daten. Die gesammelten Daten werden nachbearbeitet und mit Metadaten angereichert, um strukturierte, interaktive Bildungsinhalte gemäß den pädagogischen Richtlinien zu erstellen. Die Erstellung der VE folgt den etablierten pädagogischen Konzepten und verwandelt die Rohdaten in strukturierte, interaktive Bildungsinhalte. Auf die Integration der VE in die Lehrpläne der Partneruniversitäten folgen Validierungs-, Bewertungs- und Überarbeitungsprozesse, um ihre Wirksamkeit sicherzustellen. Schließlich werden die VE auf der Grundlage von Nutzerfeedback und neuen bewährten Verfahren verbessert.

Fallstudien

Im Rahmen des IMMERSE-Projekts wurden bisher Exkursionen zu zwei wichtigen Standorten, dem Bergwerk Riotinto in Spanien und dem Bergwerk Gánt Bauxit in Ungarn, unternommen, um Inhalte für die Entwicklung von VE zu generieren. Diese Stätten wurden aufgrund ihrer Bedeutung und ihrer einzigartigen geologischen Merkmale ausgewählt und bieten den Studierenden vielfältige Lernmöglichkeiten, um verschiedene Aspekte des Bergbaus und des nachhaltigen Ressourcenmanagements zu erkunden.

- **Bergwerk Riotinto, Spanien**

Der iberische Pyritgürtel (IPB) enthält einige der weltweit bedeutendsten vulkanogenen Massivsulfidlagerstätten mit einer über 5.000-jährigen Bergbaugeschichte (7). In den letzten zehn Jahren erlebte der IPB einen Wiederaufschwung der Bergbauaktivitäten und der wissenschaftlichen Forschung (8). Das historische Bergwerk Riotinto wurde 2015 unter der Leitung von Atalaya

Mining wiedereröffnet (9) und ist derzeit ein aktiver Kupfertagebau in der Provinz Huelva (10). Diese Region hat einen bedeutenden historischen und ökologischen Wert, da die Bergbauaktivitäten bis in die vorrömische Zeit zurückreichen (7). Darüber hinaus ist der Fluss Riotinto ein weltberühmtes Beispiel für saure Grubenwässer (AMD), verursacht durch Sulfidoxidation (11) (Bild 3). Zwei VE zu Riotinto werden die einzigartigen geologischen Merkmale des Standorts, die AMD, und die Bergbautechniken zeigen. Durch die Einbeziehung von interaktiven Drohnenaufnahmen, 360°-Fotos und -Videos sowie geologischen Daten werden diese beiden VE das Verständnis der Studierenden für



Fig. 3. Left: Corta Atalaya Mine at Riotinto (left), AMD at Riotinto (right).

Bild 3. Bergwerk Corta Atalaya bei Riotinto (li.), AMD in Riotinto (re.). Photos/Fotos: RWTH

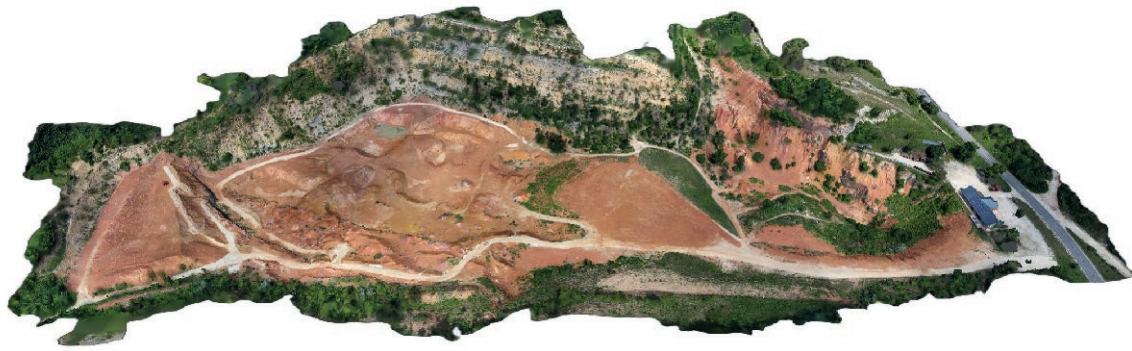


Fig. 4. 3D Model of the Gánt Bauxite Mine created using drone photography.

Bild 4. 3D-Modell des Bauxitbergwerks Gánt, erstellt auf der Grundlage von Drohnenaufnahmen. Source/Quelle: RWTH

pit mine began operations in 1926 and eventually became Europe's largest bauxite producer, with a total output of 10 Mt. By 1987, however, the mine was no longer economically viable and was closed (13).

Today, the site functions as a museum and geological park, offering visitors a glimpse of its mining history. The geological park features a 13-station educational trail that highlights the geology and mining history of the area. The museum, located in an artificial tunnel at the edge of the former mine, displays mining tools, equipment and historic photographs.

The VE developed for Gánt emphasises geological information, mining techniques and the environmental impact of mining on the surrounding landscape. It also highlights post-mining rehabilitation efforts, aimed at restoring the area and promoting biodiversity. The VE includes 3D models (Figure 4), 360° images, drone videos and geological surveys.

Summary and outlook

Mining schools around the world are faced with declining student numbers. As a consequence, universities around the world will need to pursue innovative teaching and learning projects to engage students and the public in the raw materials sector. This project, with its focus on immersive virtual excursions, will integrate technological advancements in university education and deliver interactive learning activities. As a result, the IMMERSE project will serve as a model for similar educational initiatives in other scientific disciplines.

Acknowledgement

The IMMERSE project is funded by the ERASMUS+ grant program of the European Union (grant number: 2023-1-DE01-KA220-HED-000165332).

Bergbautechniken und Umweltherausforderungen des Rohstoffsektors fördern.

• Bauxitbergwerk Gánt, Ungarn

Im Jahr 1924 entdeckte Jenő Balás das bedeutende Karstbauxitvorkommen in Gánt, ein wichtiger Teil der geologischen Bemühungen Ungarns, nach dem Ersten Weltkrieg neue Bodenschätze zu finden (12). Der Tagebau wurde 1926 in Betrieb genommen und entwickelte sich mit einer Gesamtproduktion von 10 Mio. t zum größten Bauxitproduzenten Europas. Im Jahr 1987 war das Bergwerk jedoch nicht mehr rentabel und wurde geschlossen (13).

Heute dient die Stätte als Museum und geologischer Park, in dem die Besucher einen Einblick in die historische Reise des Bergbaus erhalten. Der geologische Park verfügt über einen Lehrpfad mit 13 Stationen, der die Geologie und die Bergbaugeschichte der Region beleuchtet. Das Museum, das sich in einem künstlichen Stollen am Rand des ehemaligen Bergwerks befindet, zeigt Bergbauwerkzeuge, -ausrüstung und historische Fotos.

Die für Gánt entwickelte VE legt den Schwerpunkt auf geologische Informationen, Bergbautechniken und die Umweltauswirkungen des Bergbaus auf die umliegende Landschaft. Außerdem werden die Sanierungsmaßnahmen nach dem Bergbau zur Wiederherstellung des Gebiets und zur Förderung der biologischen Vielfalt vorgestellt. Die VE umfasst 3D-Modelle (Bild 4), 360°-Bilder, Drohnenvideos und geologische Untersuchungen.

Zusammenfassung und Ausblick

Bergbauinstitute auf der ganzen Welt erfahren rückläufige Studierendenzahlen. Infolgedessen müssen Universitäten auf der ganzen Welt innovative Lehr- und Lernprojekte verfolgen, um Studierende und die Öffentlichkeit für den Rohstoffsektor zu begeistern. Das IMMERSE-Projekt, dessen Schwerpunkt auf immersiven virtuellen Exkursionen liegt, wird technologische Fortschritte in die universitäre Ausbildung integrieren und interaktive Lernaktivitäten anbieten. Somit wird das Projekt als Modell für ähnliche Bildungsinitiativen in anderen wissenschaftlichen Disziplinen dienen.

Danksagung

Das IMMERSE-Projekt wird durch das ERASMUS+-Förderprogramm der Europäischen Union finanziell unterstützt (Förderungsnummer: 2023-1-DE01-KA220-HED-000165332).

References / Quellenverzeichnis

- (1) Gløersen, E.; Mäder, F. M.; Gorny, H.; Münch, A.; Alessandrini, M.; Bettini, C. (2022): Implementing the European Green Deal: Handbook for Local and Regional Governments. Bruxelles, Belgique: Europäischer Ausschuss der Regionen. Online abrufbar unter: <https://www.researchgate.net/publication/366139022>
- (2) Guillaume, R. (2023): Die Sicherung der Versorgung Europas mit kritischen Rohstoffen: Der materielle Charakter der strategischen Ziele der EU für 2023. Online abrufbar unter: [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI\(2023\)739394](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI(2023)739394)
- (3) Kommission der Europäischen Gemeinschaften (2008): Die Rohstoffinitiative – Deckung des kritischen Bedarfs für Wachstum und Beschäftigung in Europa: Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament und den Rat (SEC(2008) 2741). Online abrufbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52008DC0699&from=EN>
- (4) Kazanin, O. I.; Drebenstedt, C. (2024): Bergbauausbildung im 21. Jahrhundert: Global Challenges and Prospects. In: Journal of Mining Institute, pp 369 – 375. Abgerufen 17. Okt. 2024. Online abrufbar unter: <https://cyberleninka.ru/article/n/mining-education-in-the-21st-century-global-challenges-and-prospects/viewer>
- (5) Lloret M. J. (Hrsg.) (2020): ACHI 2020: Die dreizehnte internationale Konferenz über Fortschritte in der Computer-Mensch-Interaktion: 21 – 25 November 2020, Valencia/Spain. Wilmington, DE, USA: IARIA. Online abrufbar unter: <https://www.thinkmind.org/index.php?view=instance&instance=ACHI+2020>
- (6) Majherova, J.; Palasthy, H.; Gazdikova, V. (2014): Virtual Excursion in Secondary Education. IEEE 12th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA): Starý Smokovec, Slovakia, 4 – 5 December 2014. Piscataway, NJ: IEEE; pp 305 – 309.
- (7) Davis Jr., R. A.; Welty, A. T.; Borrego, J.; Morales, J. A.; Pendon, J. G.; Ryan, J. G. (2000): Rio Tinto Flussmündung (Spanien): 5000 Jahre Verschmutzung. In: Umweltgeologie; 39(10), S. 1107 – 1116. Online abrufbar unter: <https://link.springer.com/article/10.1007/s002549900096>
- (8) Leistel, J. M.; Marcoux, E.; Thiéblemont, D.; Quesada, C.; Sánchez, A.; Almodóvar, G. R. et al. (1997): The Volcanic-Hosted Massive Sulphide Deposits of the Iberian Pyrite Belt. In: Mineral. Deposita 1997; 33(1 – 2): pp 2 – 30. Online abrufbar unter: <https://link.springer.com/article/10.1007/s001260050130>
- (9) Sánchez de la Campa, A. M.; Sánchez-Rodas, D.; Márquez, G.; Romero, E.; de la Rosa, J. D. (2020): 2009-2017 Trends von PM10 im legendären Riotinto-Bergbaurevier in Südwestspanien. In: Atmospheric Research; 238:104878. Online abrufbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169809519312761>
- (10) Atalaya Riotinto (2024): Das Riotinto-Projekt: Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. Abgerufen 20. Okt. 2024. Online abrufbar unter: <https://riotinto.atalayamining.com/la-mina/>
- (11) Olías, M.; Nieto, J. (2015): Background Conditions and Mining Pollution throughout History in the Río Tinto (SW Spain). In: Environments 2(3), pp 295 – 316.
- (12) Mindszenty, A. (2010): Bauxitvorkommen von Gánt (Vértes-Gebirge, Ungarn). General Meeting of the International Mineralogical Association (20.), Budapest. Online abrufbar unter: <https://acta.bibl.u-szeged.hu/48188/>
- (13) Bauxitföldtanipark. Mars Expedíció a Vértesben. Balás Jenő Bauxitbányászati Múzeum és Földtani Park Geológiai Látogatóközpont, 22. Februar 2021. Abgerufen 20. Okt. 2024. Online abrufbar unter: <https://bauxitfoldtanipark.hu/mars-expedicio-a-vertesben/>

Authors / Autoren

Shima Hajinia Leilabadi M. Sc. and Prof. Dr. Bernd G. Lottermoser, Institute of Mineral Resources Engineering (MRE), RWTH Aachen University, Aachen/Germany, Dr. Michael Roach, Centre for Ore Deposit and Earth Sciences (CODES), University of Tasmania, Hobart/Australia, Ass. Prof. Dr. Emmanouil A. Varouchakis and Evangelos Machairas M.Sc., School of Mineral Resources Engineering (MRE), Technical University of Crete, Chania/Greece, Prof. Dr. Felipe González Barrionuevo, Assoc. Prof. Dr. Manuel Toscano Macías and Prof. Dr. José Miguel Nieto, Department of Earth Sciences, University of Huelva, Huelva/Spain

SAVE THE DATE:
20. März 2025
im Studierendenzentrum der
TH Georg Agricola Bochum

NACHBergbauzeit NRW

Digitalisierung im Nachbergbau:
Innovation trifft Tradition

Bezirksregierung
Arnsberg



Technische
Hochschule
Georg Agricola