

Zuletzt aktualisiert am 18.04.2025

Heavy Metal Sustainability. On the rocky road to a circular economy: Tracing the life cycle of metals from past to future

Bei dem Projekt handelt es sich um ein neues Projekt / eine wiederholte Einreichung

Urheber Aydin Abar, CC BY-NC-SA 4.0



The future of gold mines

Ars Docendi Kategorie

Gesellschafts- und Nachhaltigkeitsorientierte Lehre

Ars Docendi Kriterien

- Innovative Hochschuldidaktik
- Studierenden- und Kompetenzorientierung
- Perspektivenerweiterung und Internationalisierung

Gruppengröße

< 20

Anreißer (Teaser)

Wie können wir Metalle nachhaltiger nutzen? Die Lehrveranstaltung verknüpfte Archäologie und Chemie, um Stoffkreisläufe zu analysieren. Studierende schärften ihre transdisziplinären Kompetenzen und entwarfen in internationalen Teams Zukunftsutopien.

Kurzzusammenfassung des Projekts

Die Veranstaltung widmete sich der Nachhaltigkeit mit Fokus auf Metalle. Sie war interdisziplinär angelegt und richtete sich an Studierende aller Fachrichtungen der AURORA-Universitäten. In Keynotes, Gruppenarbeiten und Exkursionen, begleitet von Experten, wurden Themen wie Metallgewinnung, Recycling, CO₂-Emissionen und planetare Belastungsgrenzen diachron betrachtet. Besonders hervorgehoben wurden die SDGs 8 (menschenwürdige Arbeit), 9 (Industrie & Innovation), 12 (nachhaltiger Konsum), 13 (Klimaschutz), 15 (Leben an Land) sowie die Zusammenhänge mit den Belastungsgrenzen der Erde. Die Studierenden analysierten Metall- und Kohlenstoffkreisläufe und entwickelten darauf aufbauend Zukunftsvisionen für die nachhaltige Nutzung von Goldreserven und Eisenvorkommen. Exkursionen nach Brixlegg boten Einblicke in die historische und moderne Metallverarbeitung, dem Thema Holz als Baustoff und Energieträger sowie gesellschaftliche

Konflikte. Der innovative Einsatz von Simulatoren wie des En-ROADS-Klimasimulators zeigte Herausforderungen und Lösungsansätze zur Emissionsreduktion auf. Die Veranstaltung förderte die Fähigkeit zur Kommunikation wissenschaftlicher Erkenntnisse und schulte interdisziplinäres Denken. Sie zeigte, dass komplexe Probleme nachhaltiger Entwicklung nur durch fächerübergreifende Zusammenarbeit und differenzierte Perspektiven gelöst werden können. Aufgrund des sehr positiven Feedbacks der Studierenden wird der Kurs im kommenden Semester wiederholt.

Kurzzusammenfassung des Projekts in englischer Sprache

The course focused on sustainability with an emphasis on metals. It was designed as an interdisciplinary program and open to students from all disciplines within the AURORA universities. Through keynotes, group work, and excursions accompanied by experts, topics such as metal extraction, recycling, CO₂ emissions, and planetary boundaries were examined from a diachronic perspective. Special emphasis was placed on SDGs 8 (Decent Work), 9 (Industry & Innovation), 12 (Responsible Consumption), 13 (Climate Action), and 15 (Life on Land), as well as their connections to Earth's planetary boundaries. Students analyzed metal and carbon cycles and developed future visions for the sustainable use of gold reserves and iron resources. Excursions to Brixlegg provided insights into historical and modern metal processing, the role of wood as a building material and energy source, and related societal conflicts. The innovative use of tools such as the En-ROADS climate simulator helped explore challenges and solutions for emission reduction. The event promoted the ability to communicate scientific findings and interdisciplinary thinking and showed that complex problems of sustainable development can only be solved through interdisciplinary cooperation and differentiated perspectives. Due to the very positive feedback from the students, the course will be repeated in the upcoming semester.

Nähere Beschreibung des Projekts

Einleitung Die Veranstaltung entstand im Rahmen eines Peer Learning Activity-Workshops der Universität Innsbruck mit dem Motiv, die eng vernetzten Sustainable Development Goals (SDGs) in interdisziplinären Team-Teachings und mit einer spezifischen Perspektive auf Metalle zu vermitteln. Der Kurs widmete sich unter Einbezug von Langzeitperspektiven der Gewinnung, der Nutzung und dem Recycling von Metallen anhand konkreter Beispiele von der Prähistorie bis in die Gegenwart und wagte einen Blick in die Zukunft. Die zentrale Rolle von Energieträgern wurde beleuchtet, der Lebenszyklus von Metallen im Kontext globaler Stoffkreisläufe, planetarer Belastungsgrenzen und der Klimakatastrophe reflektiert. Die Veranstaltung setzte nur sehr geringe Vorkenntnisse in den Bereichen Archäologie und Chemie voraus und lud explizit Studierende aus allen Fachbereichen zur Teilnahme ein, um so den Studierenden die Bedeutung transdisziplinären Arbeitens zu vermitteln. Sie wurde in einem einwöchigen Block vom 20.02.-24.02. 2025 durchgeführt, um so Studierenden anderer AURORA-Universitäten eine Teilnahme zu ermöglichen und den Kurs durch Perspektivenerweiterung und Internationalisierung zu bereichern. Neben sechs Studierenden der Universität Innsbruck aus Archäologie, Geologie, Architektur, Chemie, und Pharmazie, nahmen auch zwei Studierende der University of Island aus den Bereichen Environmental Studies und Global Studies teil. Die Unterrichtssprache war Englisch. Ziel der Veranstaltung war es durch die Studierendenorientierung, die Teilnehmer:innen am Ende des Kurses in die Lage zu versetzen, ihr Vorwissen und in der Veranstaltung vermittelte Inhalte zusammenzuführen und nachzuvollziehen, dass komplexe Fragestellungen insbesondere dann innovativ erforscht werden können, wenn sie in interdisziplinären Teams von verschiedenen Perspektiven betrachtet werden und sich auf diese Weise neue Forschungsperspektiven eröffnen. Hierfür war es notwendig den Studierenden zu verdeutlichen, wie vielschichtig, dynamisch und verwoben die Problemstellungen sind, mit denen wir konfrontiert sind, wenn wir das Thema der Nachhaltigkeit betrachten. Traditionen die in der Prähistorie durchaus nachhaltig gewesen sein mögen, sind es in der Gegenwart vor allem aufgrund von Skalierungsfragen nicht. Die Veranstaltung setzte ein breites Spektrum innovativer Lehr- und Lernmethoden ein. In 15-30-minütigen Keynotes führten die Antragsteller die Studierenden in zentrale Schlüsselthemen ein und nutzten dabei aktivierende Methoden wie Live-Umfragen und Brainstorming. Anschließend vertieften die Teilnehmenden die Inhalte in Gruppenarbeiten, die sowohl intensive als auch extensive Auseinandersetzungen ermöglichten. Jede Arbeitsphase mündete in einen gemeinsamen Austausch, um die Kommunikation wissenschaftlicher Methoden und Erkenntnisse zu fördern. Zwei Exkursionen bereicherten die Veranstaltung durch Expertenwissen und interaktive Dialoge. Der Austausch mit Bewohnern von Brixlegg (Tirol) bot spannende Einblicke in lokale Diskurse und soziale Konflikte, geprägt durch die montanistische Geschichte des Ortes und die Umweltproblematik während der Umstellung auf Kupferrecycling. Dies ermöglichte ein besseres Verständnis gesellschaftlicher Auseinandersetzungen bei konkurrierenden Interessen. Am Abschlusstag richteten die Studierenden den Blick über Vergangenheit und Gegenwart hinaus in die Zukunft. Durchführung Tag 1 Die Veranstaltung begann mit einem phänomenologischen Einstieg, bei dem die Studierenden Materialeigenschaften von Metallen

unmittelbar erlebten und ihre Perspektiven zur Nutzung von Metallen auf einem Poster sammelten. Anschließend ordneten sie Erze den Metallen zu und erhielten so einen Eindruck vom Aufwand der Metallgewinnung. Zwei chemische Experimente vermittelten ein eindrückliches Bild von der chemischen Wandelbarkeit von Metallen. Eine Keynote-Lecture der Antragsteller vermittelte Grundlagen zur chemischen Zusammensetzung der Erde, der natürlichen Häufigkeit von Metallen und zur Genese von Lagerstätten. Es wurden prähistorische und moderne Prozessschritte der Kupfergewinnung gegenübergestellt, um den hohen technischen Aufwand der Metallgewinnung zu veranschaulichen. Zu Beginn der folgenden Gruppenarbeitsphase bildeten die Studierenden zwei fachlich und sprachlich heterogene Gruppen, um Transdisziplinarität und Internationalität in beiden Gruppen zu gewährleisten. Jede Gruppe wählte ein technisch bedeutendes Metall – Gold oder Eisen – als Schwerpunkt und arbeitete die Kerncharakteristika der Gewinnung und Nutzung heraus. Dabei nutzten sie ausgewählte Quellen sowie KI-gestützte Ansätze, deren Einsatz nach der abschließenden Powerpoint-Präsentation kritisch diskutiert wurde. Es folgte eine weitere Keynote, die sich mit den SDGs und dem Konzept der Planetary Boundaries befasste. Hernach waren die Gruppen aufgefordert, sich eingehend mit den SDGs und deren Vernetzung auseinanderzusetzen. Zur Orientierung standen vorbereitete Poster bereit, auf denen alle zentralen Informationen veranschaulicht waren. Nach der Orientierungsphase wählte jede Gruppe zwei SDGs aus: eines aus den fünf Kern-SDGs und ein weiteres frei. Im Rahmen eines World-Cafés erarbeiteten die Studierenden in wechselnden Zusammensetzungen die Zusammenhänge zwischen ihrem Gruppenmetall und den SDGs heraus. Die letzte Aufgabenstellung bestand in der Vorbereitung der Gespräche, die sie an den beiden Exkursionstagen mit Personen in Brixlegg führen sollten. Tag 2 Auf der ersten Exkursion begleitete uns Dr. Georg Neuhauser vom FZ Regionalgeschichte der Uni Innsbruck. Er erläuterte die historische Bedeutung des Montanwesens für die Region um Brixlegg sowie dem Einfluss auf Kultur und Religion. Zudem gab er Einblicke in die Holztrift, was uns anregte, über Holz als Baumaterial und Energieträger sowie über Ressourcenkonflikte nachzudenken. Am Nachmittag folgte ein Besuch des Bergbau- und Hüttenmuseums Brixlegg. Dort wurde noch einmal sehr eindrücklich die Rolle von Holz im Montanwesen verdeutlicht. Den Abschluss bildeten erste Gespräche mit lokalen Akteuren in Brixlegg, die den Studierenden für ihre vorbereiteten Fragen zur Verfügung standen. Tag 3 Am diesen Tag stand der Kohlenstoffkreislauf als zentrales Element des Erdsystems im Fokus, insbesondere in Bezug auf globale Veränderungen, die Klimakatastrophe und Fragen der Energieversorgung. Nach einer gemeinsamen Reflexion über die „Reise in die Vergangenheit“ des Vortags, wurde in einer Keynote auf die historische Entwicklung der Holznutzung im Montanwesen sowie die Konflikte um Holz zwischen dem Bergbau und den Salinen in Hall eingegangen. Ausgehend von den unterschiedlichen Kohlenstoffverbindungen wurden zentrale Kohlenstoffreservoirs und Stoffströme zwischen ihnen identifiziert und ihre Bedeutung für die Biota an Land und im Meer erläutert. Ein zentraler Aspekt war die Vermittlung der Mechanismen des langsamen und schnellen Kohlenstoffkreislaufs. Die Studierenden entwickelten ein Verständnis für die großen Zeitunterschiede, die zwischen verschiedenen Prozessen bestehen und Grundlage für die emergenten klimatischen Prozesse sind. In der folgenden Gruppenarbeit waren die Studierenden gefordert, mithilfe eines Badewannen-Modells die planetaren Kohlenstoffflüsse zwischen den Reservoirs zu erarbeiten.

Dabei wurde die zentrale Rolle der Atmosphäre als Kohlenstoffspeicher deutlich und wie die massiven CO₂-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger und der veränderten Landnutzung die globalen Kreisläufe aus dem Gleichgewicht bringen. Das Modell veranschaulichte eindrücklich die Dringlichkeit von Maßnahmen zur Reduktion und die damit verbundenen Herausforderungen: Entweder die drastische Senkung der Emissionen oder die schnellere, dauerhafte Bindung von CO₂ – beides erfordert enorme Anstrengungen und gezieltes Handeln. Im Anschluss analysierten die Studierenden Technologien zur Abscheidung von Treibhausgasen (Greenhouse Gas Removal) und bewerteten deren Vor- und Nachteile. Ein Einblick in aktuelle Forschung wurde durch den Besuch der Dielmann-Labore gewährt, in denen unter anderem an neuen Methoden zur Zersetzung und Wiederverwertung von Schwefelhexafluorid, einem besonders klimaschädlichen Gas, geforscht wird. Die letzte Aufgabe des Tages bestand darin, mit dem En-ROADS-Klimasimulator (<https://en-roads.climateinteractive.org>) Modelle zu erstellen, um zu untersuchen, wie das 2°C-Ziel, idealerweise sogar das 1,5°C-Ziel, erreicht werden könnte. Der vom MIT mitentwickelte Simulator bietet eine Vielzahl an Parametern, die ingenieurwissenschaftliche, ökonomische und soziale Aspekte berücksichtigen. So entwickelten die Studierenden, vor dem Hintergrund ihrer Fachperspektiven, individuelle Ansätze zur Einflussnahme.

Tag 4 Am zweiten Exkursionstag besuchten wir zunächst die Montanwerke in Brixlegg. Dort erhielten wir einen einleitenden Vortrag, wie sich das Unternehmen im Laufe der 1970'er Jahre von einer Schmelzhütte in einen Recyclingbetrieb transformiert wurde, das heute aus Schrott wertvolle Öko-zertifizierte Metalle rückgewinnt. Im Rahmen der Führung über das Betriebsgelände waren wir hautnah bei der Herstellung der Kupferanoden dabei und konnten spannende Beobachtungen machen, so zum Beispiel, dass noch heute in den gasbetriebenen Schmelzöfen auch frisches Buchenholz dem Schmelzvorgang beigelegt wird. Folgend besuchten wir die Mittelschule Brixlegg und sprachen mit Direktor Wurm über die Bedeutung des Montanwesens und Fragen der Nachhaltigkeit im Rahmen der Schüler:innenbildung. Die Begegnung führte auch zu Interessensbekundungen auf Seiten der Direktion und der Antragssteller für gemeinsame Aktionen. Den Studierenden war im Anschluss noch einmal die Möglichkeit geboten, mit Personen in Brixlegg zu sprechen. Ein Highlight war das Gespräch mit Frau Lhotka, die in den 1990'er Jahren als Teil einer Initiative für eine Aufklärung der Dioxinbelastungen in der Umwelt und den Einbau von Filtern bei den Montanwerken kämpfte.

Tag 5 Am letzten Tag reflektierten die Studierenden die Veranstaltungsinhalte und hielten ihre unterschiedlichen Perspektiven und Eindrücke mithilfe der Kollaborationsplattform Miro fest, bevor sie in Gruppen Zukunftsutopien entwickelten. Die Gold-Gruppe entwarf eine Vision, in der Goldminen stillgelegt, zerstörte Gebiete renaturiert und bestehende Goldreserven nachhaltig genutzt würden. Die Eisen-Gruppe setzte auf einen sozialen Ansatz und konzipierte einen Weltrat, der die effiziente Nutzung von Eisen reguliert und Großprojekte unter Berücksichtigung des Gemeinwohls bewertet. Ziel war nicht die Umsetzbarkeit, sondern das Erkennen von Herausforderungen, Lösungsansätzen und das Potenzial transdisziplinärer Zusammenarbeit. Die Studierenden fassten nach der Präsenzveranstaltung Inhalte, Erfahrungen und den Nutzen gewonnener Einsichten für ihre Fachdisziplin in Berichten zusammen.

Ergebnisse & Ausblick Die Veranstaltung wurde sowohl von den Studierenden, als auch von den Antragstellern als sehr lehrreich und inspirierend wahrgenommen. Gerade die fachlich heterogene Zusammensetzung der Gruppen und die

intensive Zusammenarbeit wurde von allen geschätzt und war maßgeblich dafür verantwortlich, dass in den Diskursen die Inhalte von verschiedenen Perspektiven betrachtet und die Komplexität und Verwobenheit der Faktoren klar wurde. In einer heterogenen Welt mit unterschiedlichen Lebenswirklichkeiten der Menschen kann es nicht die eine Antwort geben, ebenso reicht es nicht aus, Daten zu akquirieren, die die Unnachhaltigkeit der Gewinnung und Nutzung von Metallen und die massiven Probleme der Nutzung fossiler Energieträger belegen, solange Menschen, vor allem aber auch Unternehmen und Staaten, nicht aktiv für die Umsetzung der unter anderem in den SDGs kodifizierten Ziele eintreten. Aufgrund des sehr positiven Feedbacks der Studierenden werden wir den Kurs auch weiterhin anbieten und damit zeigen, dass transdisziplinäre Lehre einen deutlichen Mehrwert für Studierende und Lehrende gleichermaßen erzeugt.

Akzeptanz und Resonanz

Aus Emails der Studierenden: D. Plotkin (Environmental Studies) „I want to thank Aydin and Fabian once again for a phenomenal course! [...] You’ve inspired me to look deeper into your field even though I had never examined it before.“ Mahgol Kargar (Pharmacy) “I would like to thank you for organizing this valuable event. Participating in this class has been an incredibly valuable and memorable experience for me.“ “This course has inspired me to integrate circular economy principles into pharmacy, ensuring that metals used in medicine are ethically sourced, recycled, and managed responsibly. By applying these concepts, the pharmaceutical industry can contribute to a healthier planet while advancing medical innovation.” Jessica Keil (Archaeology) “noch einmal ein herzliches Dankeschön für den hochspannenden Kurs, den ihr gemeinsam auf die Beine gestellt habt! Der war zweifelsohne sehr vorbereitungsintensiv für euch, aber es hat sich wirklich gelohnt.“ „In conclusion. Overall, the course provided me with profound (additional) information and with helpful explanations on issues that I was previously only insufficiently knowledgeable about. [...]. The mixture of theoretical and practical units, partly carried out by the course instructors and partly by the participants, was varied and well-chosen to convey the respective content. The different regional and professional backgrounds of the participants also contributed greatly to a stimulating exchange.“ Lara Emser (Architecture) “This seminar was an incredible experience, both educational and inspiring. [...] Their ability to make complex topics accessible and engaging, while creating such a welcoming and supportive atmosphere, made all the difference. I genuinely appreciate how much they shared their expertise with us, and I would choose this course again without hesitation.“ Clemens Tiewald (Chemistry) “As a chemist (or one in a few years), the possibilities for progress, are almost endless [...]. Though there are countermeasures from a chemical perspective, the problem is more a political and socioeconomic one. Even when chemistry can provide the tools, it still needs body that is able to work with these tools.“ Jinsong Yang: „Thanks for arranging this course, it was very

interesting for me to work on the group project and join the different excursions! All the best!" "A key takeaway from this course is recognizing that sustainability is complex and subjective, varying between individuals. Focusing on policy and regulation as my main field of study, this course has highlighted the importance of stakeholder engagement."

Nutzen und Mehrwert

Transdisziplinäre Ansätze zwischen Kultur- und Naturwissenschaften, Future Skills, Internationalisierung, Anthropozän

Übertragbarkeit und Langlebigkeit

Das Projekt läuft seit 2025

Die Lehrveranstaltung wird auch in den kommenden Semestern in ähnlicher Form angeboten.

Institutionelle Unterstützung

Die Veranstaltung entstand im Rahmen des Peer Learning Activity-Workshops: Bildung für Nachhaltige Entwicklung der Universität Innsbruck, das 2024 mit dem Silver Sustainability Award des BMBWF ausgezeichnet wurde. Das Vizerektorat für Lehre, das Vizerektorat für Digitalisierung und Nachhaltigkeit sowie das Aurora European University Office (insbesondere Christina Raab) haben das Projekt sowohl ideell als auch finanziell unterstützt und maßgeblich zum sehr guten Gelingen beigetragen.

Es wurde eine UIBK-interne Lehrveranstaltungsanalyse durchgeführt.

Leopold-Franzens-Universität Innsbruck



Aydin Abar, Ass.-Prof. Dr.

Leopold-Franzens-Universität Innsbruck

Institut für Archäologien, Fachbereich Montanarchäologie & Ressourcenforschung

aydin.abar@uibk.ac.at

Nominierte Person/en

Teamsprecher/in:

Aydin Abar, Ass.-Prof. Dr.

Leopold-Franzens-Universität Innsbruck

Institut für Archäologien, Fachbereich Montanarchäologie & Ressourcenforschung

aydin.abar@uibk.ac.at

Fabian Dielmann, Univ.-Prof. Dr.

Leopold-Franzens-Universität Innsbruck

Institut für Allgemeine, Anorganische und Theoretische Chemie

fabian.dielmann@uibk.ac.at

Projektverantwortliche/r

Aydin Abar, Ass.-Prof. Dr.

Leopold-Franzens-Universität Innsbruck

Institut für Archäologien, Fachbereich Montanarchäologie & Ressourcenforschung

aydin.abar@uibk.ac.at

Fabian Dielmann, Univ.-Prof. Dr.

Leopold-Franzens-Universität Innsbruck

Institut für Allgemeine, Anorganische und Theoretische Chemie

fabian.dielmann@uibk.ac.at

Links zu Personen

- [Uni Innsbruck, Mitarbeiter:innenhomepage](#)
- [Uni Innsbruck, Mitarbeiter:innenhomepage](#)