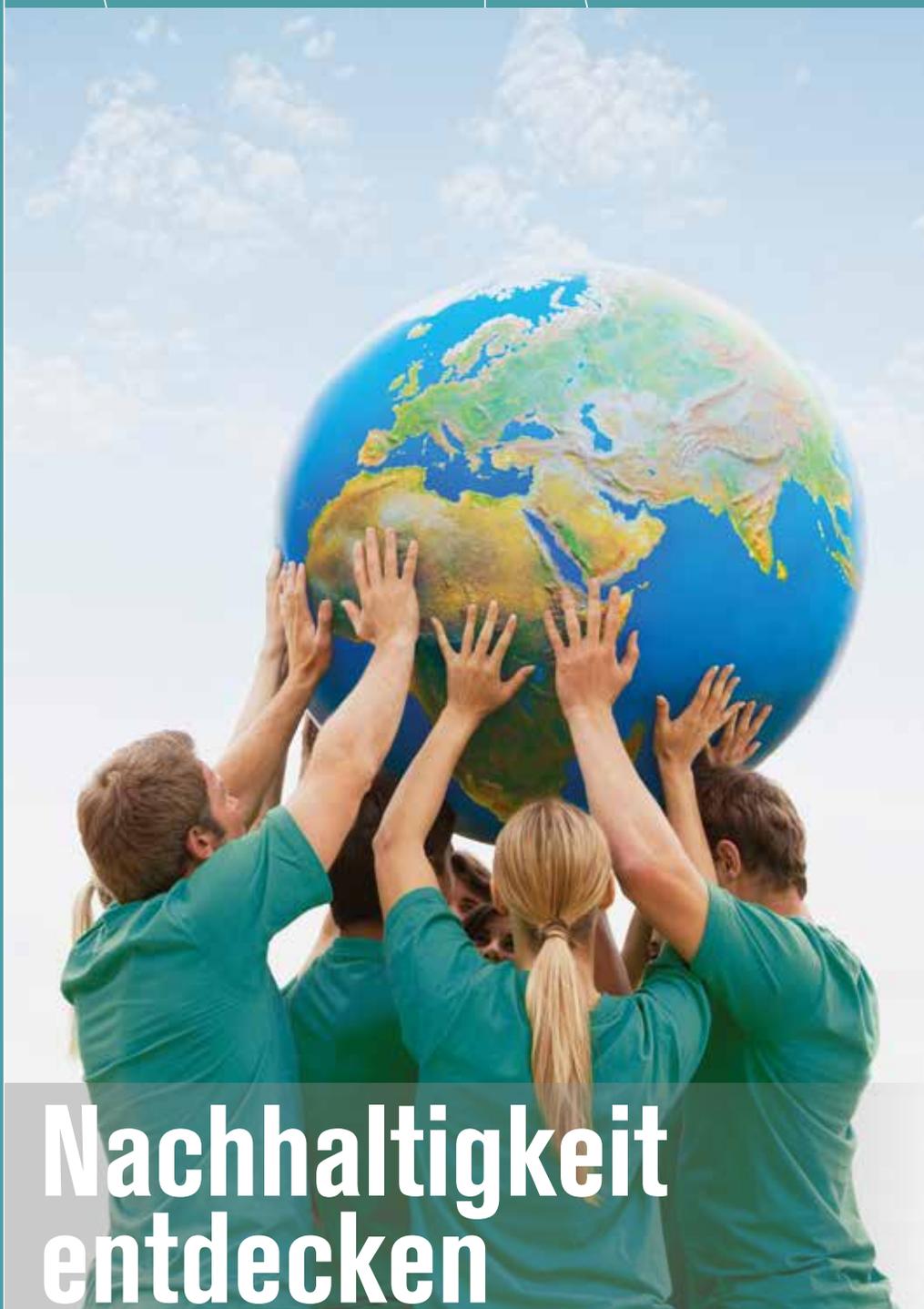


# TRIPLE N

Magazin über  
Nachhaltigkeit

Frühling  
2023

03



## Nachhaltigkeit entdecken

Nachhaltig Begeisterung  
wecken: Lehr-Lern-Labor

S. 6

Lithium-Ionen-Batterien –  
recycelt!

S. 10

New Energy for Industry  
Hackathon 2022

S. 20

nachhaltig  
ökologisch

nachhaltig  
ökonomisch

nachhaltig  
sozial

Das vorliegende Heft wurde im Hinblick auf Nachhaltigkeit gestaltet und daher fiel die Wahl in Bezug auf Druck, Papierwahl und Format auf die umweltverträglichste und CO<sub>2</sub>-sparendste Variante.

Eine Darstellung der Diversität ist uns wichtig, daher wurde konsequent das Gendersternchen verwendet.

## Medieninhaber

Montanuniversität Leoben  
Franz Josef-Straße 18  
8700 Leoben  
unileoben.ac.at  
triplen.unileoben.ac.at

## Redaktionsteam

Christine Adacker  
Hubert Biedermann  
Susanne Feiel  
Thomas Kienberger  
Markus Lehner  
Anna Meyer

## Gestaltung

Christine Adacker  
Viktoria Hohl  
studio@viktoriahohl.com

## Fotografie

Cover: Adobe Stock / Rob Daly KOTO

## Papier

IQ PRINT Offset  
250 g/m<sup>2</sup> und 120 g/m<sup>2</sup>

## Druck

UNIVERSAL DRUCKEREI GmbH  
Gösser Straße 11  
8700 Leoben

## Fragen & Anregungen an:

Anna Meyer  
anna.meyer@unileoben.ac.at



# Grundlagenwissenschaften und Nachhaltigkeit

Christian Mitterer  
Senatsvorsitzender der  
Montanuniversität  
Leoben



Die Generalversammlung der Vereinten Nationen hat das Jahr 2022 zum International Year of Basic Sciences for Sustainable Development proklamiert. Die weitere Entwicklung der Grundlagenwissenschaften, deren Erkenntnisse von Generation zu Generation weitergegeben werden, ist nachhaltig par excellence. Grundlagenwissenschaften waren bzw. sind beispielsweise wegweisend für die Entwicklung des World Wide Web (das am CERN für die weltweite Kommunikation zu grundlegenden physikalischen Experimenten entwickelt wurde), bei der Bekämpfung der Covid-Pandemie oder der Transformation zu einer CO<sub>2</sub>-freien Energieversorgung. Jüngst wurde die Bedeutung von durch Neugier getriebene Grundlagenwissenschaften durch die Verleihung des Nobelpreises für Physik an Prof. Anton Zeilinger gewürdigt.

Trotz allem Anwendungsbezug, der oftmals einfach verständlich gemacht werden kann, bekennt sich die Montanuniversität Leoben seit jeher

Die Umsetzung der von den Vereinten Nationen im Jahr 2015 beschlossenen 17 Sustainable Development Goals (SDGs), die eine gemeinsame und globale Vision zur Förderung nachhaltigen Friedens und Wohlstands sowie zum Schutz unseres Planeten darstellen, verlangt große Anstrengungen der gesamten Menschheit. Lippenbekenntnisse sind zur Erreichung der SDGs nicht ausreichend – es ist nicht nur ein grundlegender Wandel in Richtung einer nachhaltigen *Circular Economy* mit verantwortungsvollem Umgang mit Ressourcen, Prozessen und Werkstoffen notwendig, sondern auch die Verankerung des Themas in unserem Mindset. Der von der Montanuniversität Leoben eingeschlagene Weg der Fokussierung auf die Kernthemen Advanced Resources, Sustainable Processing und Smart Materials spielt dabei eine wesentliche Rolle.

zu einem hohen Stellenwert der Bildung in den Grundlagenwissenschaften. Dieses Bekenntnis kommt auch in der jüngsten Studienreform zum Ausdruck, in der der Vermittlung und dem Erlernen von Grundlagenkompetenzen großes Augenmerk zugeteilt wurde. Dies erfolgt unter anderem durch die Schaffung eines neuen Lehrveranstaltungstyps, der Vorlesung mit integrierter Übung, in der die Vermittlung von Wissen und das Erlernen bzw. Trainieren von Kompetenzen verknüpft wird. Ebenso sollen die in allen Bachelorstudien vorgesehenen Do-it Labs dazu beitragen, dass die Studierenden sich ein solides Vertrauen in das gelernte Grundlagenwissen erarbeiten und in diesem Vertrauen Neugier, Kreativität und Mut bei der Anwendung des Gelernten für konkrete Aufgabenstellungen beweisen können. Das Motto „basics are forever“ signalisiert, dass unsere Studierenden sich mit der starken Betonung der Grundlagenwissenschaften ein verlässliches Fundament für ihre Berufslaufbahn erarbeiten können.

Mit der mit 1. Oktober 2022 in Kraft getretenen Studienreform wurde der Nachhaltigkeitsgedanke noch stärker in alle Studien integriert; darüber hi-

naus wurden mit „Responsible Consumption and Production“ und mit „Circular Engineering“ zwei neue englischsprachige Bachelor- und Masterstudien geschaffen, die sich vollständig dem Thema Nachhaltigkeit widmen. Der Bedeutung entsprechend sind diese Studien stark mit der von der Montanuniversität geleiteten europäischen Universität *Eureca-Pro*, an der neun Universitäten aus acht europäischen Ländern teilnehmen, verknüpft. Aus diesen Studien werden Wissenschaftler\*innen und Ingenieur\*innen hervorgehen, die alle notwendigen Kompetenzen zu Ressourcen, Prozessen und Werkstoffen für die *Circular Economy* beherrschen. Die Montanuniversität sieht sich als internationaler Treiber für die Erreichung der SDGs – wir forschen und lehren zu nachhaltigen Lösungen für die Zukunft unserer Gesellschaft. Die Vermittlung und das konsequente Aneignen von Grundlagenwissenschaften sowie die Förderung von auf diesen Grundlagen aufbauender Neugier sowie Kreativität und Mut unserer Studierenden stellen die nachhaltige Basis für unsere Zukunft dar!  
Glück Auf!

# Nachhaltigkeit im Bergbau

Anna Meyer  
Michael Tost

Dass der Wortstamm „Nachhalt“ auf Hans Carl von Carlowitz, Oberberghauptmann aus Freiberg, zurückgeht, können aufmerksame TripleN Leser\*innen bereits wissen. Carlowitz konzipierte 1713 in seinem Werk *Sylvicultura oeconomica* erstmals, dass immer nur so viel Holz geschlagen werden sollte, wie durch planmäßige Aufforstung und Säen nachwachsen konnte. Damit sollte die nachhaltige Versorgung mit Holz, unter anderem für den Bergbau, sichergestellt werden. Heute wird der Nachhaltigkeitsbegriff oft verwendet und findet in der Wirtschaft aber auch bei verantwortungsvollen Konsument\*innen Gehör. Wie aber steht der Bergbau heute zu dem Konzept Nachhaltigkeit? Wurde die Entwicklung der Nachhaltigkeit auch im Bergbau so weitergetragen wie sie in der mit ihm verbundenen Forstwirtschaft begonnen hat?

Michael Tost, Professor für Nachhaltige Bergtechnik, kann das verneinen: „Den Nachhalten den Carlowitz von der den Bergbau beliefernden Forstwirtschaft forderte, kann der Bergbau nicht leisten. Er bezieht sich auf die erneuerbaren Rohstoffe und fordert ein System in dem nie mehr entnommen wird als nachwachsen kann. Damit hat man von vornherein eine Unterscheidung zu den nicht erneuerbaren, mineralischen Rohstoffen.“

Der Bergbau kann demnach nicht die gleiche Nachhaltigkeitsdefinition verfolgen. Im Angesicht der globalen Herausforderungen unserer Zeit muss sich der Sektor positionieren. In den letzten Jahren, hat sich der Bergbau stark an der Brundtlanddefinition orientiert. Die Definition geht zurück auf den Brundtlandbericht *Our Common Future* von 1987, den die Weltkommission für Umwelt und Entwicklung der Vereinten Nationen veröffentlichte.

Die Definition der Brundtlandkommission lautet wie folgt: „Dauerhafte Entwicklung ist eine Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.“

Diese Definition war klar das Leitbild für die Global Mining Initiative, auf deren Basis sich das International Council for Mining and Metals (ICMM) formierte mit dem Ziel eine Organisation für nachhaltige Entwicklung zu gründen, die ihren Erfolg an ihrem Beitrag zur Schaffung einer sicheren, gerechten und nachhaltigen Welt durch verantwortungsvoll produzierte Metalle und Mineralien misst.

Michael Tost weiß diesen Ansatz kritisch zu betrachten: „In seinem Nachhaltigkeitsverständnis blickt der Bergbausektor sehr stark aus einer schwachen Nachhaltigkeitssicht<sup>1</sup> auf das Thema. Sprich: Wir brauchen die mineralischen Rohstoffe; die Bergbaue und die Gesellschaft wissen, dass der Abbau und die Gewinnung mineralischer Rohstoffe Umwelt- und Sozialauswirkungen hat die teilweise negativ sind, diese negativen Auswirkungen sind zu akzeptieren, weil es ebenfalls positive Auswirkungen für die Gesellschaft gibt. Das ist natürlich schwache Nachhaltigkeit, die propagiert, dass solange Kapital bzw. die Summe des Kapitals erhöht wird, ist es nachhaltig und die negativen Auswirkungen sind zu akzeptieren.“ Eine derartige Auffassung hat negative Konsequenzen, weil sie nicht weithin akzeptiert wird. Beispiele dafür finden sich speziell auf regionaler Ebene, wenn große Bergbauunternehmen zum Beispiel in Südamerika massive Umweltauswirkungen verursachen. Landverbrauch, Biodiversitätsverlust und Wasserverbrauch durch deren Aktivitäten ziehen regionale Konflikte nach sich.

Der Klimawandel führt nun auch zu globalen Konflikten.

Hier verortet der Leobener Professor ein Umdenken aus Sicht der Großbergbaue wie auch aus Sicht von ICMM. Letzteres hatte bis vor zwei, drei Jahren ein Position Statement zum Klimawandel mit rückschrittlichen Ansätzen in dem der menschlich verursachte Klimawandel zwar anerkannt wurde, aber keine Aktionen getätigt wurden. Ende 2021 änderte sich das drastisch und nun verfolgt der ICMM, dass dessen Mitgliedsbetriebe, die Großbergbaue, bis 2050 klimaneutral sein müssen.

Dazu muss klargestellt werden, dass Bergbau starke Nachhaltigkeit per Definitionem nicht erreichen kann. Es ist aber möglich durch verschiedene Maßnahmen und Innovationen (Elektrifizierung der Maschinen, biogener Kohlenstoff im Sprengstoff, nachhaltiger Zement für den Streckenausbau, etc.) technisch einen klimaneutralen Bergbau zu erreichen.

Diese Entwicklungen gehen in Richtung stärkerer Nachhaltigkeit in puncto Umweltauswirkungen. Im Horizon Europe Projekt *SUMEX* verfolgt die Montanuniversität die Frage wie Bergbau Nachhaltigkeit für sich definieren kann. Über den Ansatz bis 2050 CO<sub>2</sub> neutral zu sein, betrachtete *SUMEX* alle Nachhaltigkeitsaspekte in einem Sustainability Framework. Tost fasst dies so zusammen: „Der Bergbau muss sämtliche Umweltauswirkungen, die er hat, die *Ecosystem Services*<sup>2</sup> bereitstellen, auf null reduzieren. Das betrifft dessen Beitrag zum Klimawandel, Wasserverbrauch und -qualität am jeweiligen Standort und dessen Einfluss auf die Biodiversität.“

<sup>1</sup> Als schwache Nachhaltigkeit bezeichnet man die Auffassung, dass natürliche Ressourcen durch Human- und Sachkapital ersetzt werden können. Bei starker Nachhaltigkeit ist das nicht möglich, da die Ökologie über die anderen Dimensionen, wie Ökonomie, Kultur, Soziales gestellt wird. Substituiert werden kann hier daher nur zwischen Human- und Sachkapital und innerhalb verschiedener natürlicher Ressourcen. Ein Austausch oder Ersetzen von natürlichen Ressourcen durch Human- oder Sachkapital ist nicht möglich



Elektrifizierter Erzbergtruck

In *SUMEX* wurden diese Umweltauswirkungen dargestellt und quantifiziert. Dazu nennt der Experte die *Planetary Boundaries* als eine für unser globales System verträgliche Grenze der Aktivitäten. Zwischen dieser Grenze und der Definition der *Decent Standards of Living* als sozial-gesellschaftliche Grenze befindet sich der Handlungsraum einer Gesellschaft, in der Bergbau legitim zum Erhalt von deren Lebensstandards beiträgt. Alles was nicht vertretbar in diesen Spielraum fällt und das Ökosystem Erde zu sehr beansprucht, kann als Luxus definiert werden. Damit verbunden ist die Frage wieviel Rohstoffe die Gesellschaft braucht und ob wir uns Luxus noch leisten können?

Auch bei einem Verbleiben im Handlungsspielraum müssen die Produkte des Bergbaus verantwortungsvoll eingesetzt und verwendet werden. Mit dem Konzept des *Product Stewardship*, bei dem Bergbaufirmen ihre Verantwortlichkeit entlang der Wertschöpfungskette ausdehnen, wurde dies versucht. Eine solche Überwachung der Ressourcenverwendung ist allerdings schwierig zu erreichen. Nach Tosts Ansicht ist dies auch nicht Teil der Firmenverantwortlichkeit, sondern Aufgabe der Politik die nötigen Rahmenbedingungen zu schaffen. Eine solche Rahmenbedingung ist der European Green Deal in dessen Konzept der *Inclusive Circular Economy* der Bergbau bis 2050 eingebettet sein muss.

Wohin bewegt sich also der Bergbau und welches Geschäftsmodell ist auch 2050 noch veritabel um eine klimaneutrale Zukunft zu erreichen? Michael Tost kann dies mit drei Beispielen illustrieren:

„In Moment erleben wir verschiedene Geschäftsmodelle im Bergbausektor. Einerseits gibt es klassische Bergbaufirmen, wie RioTinto, die nach wie vor primäre Rohstoffe abbauen, da es z.B. durch die Anforderungen erneuerbarer Energietechnologien auch in einer *Circular Economy* dafür Bedarf geben wird. Andererseits gibt es Firmen wie Boliden, die sich zunehmend als Rohstofffirma sehen und eine Recyclingssparte aufgebaut haben. Deren Kupferhütten differenzieren nicht mehr zwischen Primär- oder Sekundärrohstoffen, vielmehr verkaufen sie Kupfer und bilden so den Kreislauf der Rohstoffe ab. Letztlich gibt es Firmen wie Umicore, die sich als reine Rohstofffirmen auf das Bereitstellen und nicht auf das Abbauen spezialisiert haben.“

Analog zu Bergbaufirmen ist auch die Montanuniversität Leoben gewillt konstruktiv am Nachhaltigkeitsbild mineralischer Rohstoffe mitzuarbeiten. In diesem Reflektionsprozess ist es auch wichtig die Universität selbst mitzudenken, sodass in einer nachhaltigen Institution für eine nachhaltige Entwicklung gelehrt, geforscht und gearbeitet werden kann.

Kontakt:

Anna Meyer, BA BA MA  
Resources Innovation Center Leoben  
+43 3842 402 7604  
[anna.meyer@unileoben.ac.at](mailto:anna.meyer@unileoben.ac.at)  
<https://ric-leoben.at/de/>



Univ.-Prof. Dr. Michael Tost  
Lehrstuhl für Bergbaukunde, Bergtechnik und Bergwirtschaft  
+43 3842 402 2091  
[michael.tost@unileoben.ac.at](mailto:michael.tost@unileoben.ac.at)  
<https://bergbaukunde.unileoben.ac.at/>



<sup>2</sup> Ecosystem Services sind definiert als die direkten und indirekten Beiträge des Ökosystems, welche einen Einfluss auf das Wohlbefinden, Überleben und die Lebensqualität des Menschen haben. Es gibt vier Ecosystem Services: Bereitstellen von Produkten (Wasser, Lebensmittel, etc.), Regulation von Prozessen (Wasserreinigung, Bestäubung, etc.), Kultureller Wert, Aufrechterhaltung des Lebens (Photosynthese, etc.)

Nachhaltig Begeisterung für den MINT-Bereich – also für Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik – schon bei den Jüngsten wecken: Mit diesem Ziel hat die Montanuniversität Leoben in Kooperation mit der Privaten Pädagogischen Hochschule (PPH) Augustinum ein sogenanntes „Lehr-Lern-Labor“ für Volksschulklassen eingerichtet. In einer in Österreich einzigartigen Allianz einer technischen Universität mit einer pädagogischen Hochschule will man so zur Förderung von wichtigen Zukunftskompetenzen im MINT-Bereich bei Kindern beitragen. Von März 2022 bis Februar 2023 haben bereits 117 Klassen mit ca. 2.350 Schüler\*innen am Programm teilgenommen.

# Nachhaltig Begeisterung wecken

Julia Mayerhofer-Lillie

## Von SCHOOL@MUL zum Schülerlabor

Das Lehr-Lern-Labor baut auf dem von der FFG (Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft) im Programm „Talente regional“ geförderten Projekt SCHOOL@MUL auf. Von 2016 bis 2018 waren dabei Projektstage an Lehrstühlen mit vielen Hands-on-Aktivitäten für Schulklassen entwickelt und abgehalten worden, die im Unterricht an den Partnerschulen vor- und nachbereitet wurden. Zusätzlich arbeiteten Industriepartner ein speziell auf Kinder und Jugendliche ausgerichtete Angebot aus, vorort ihre Betriebe und die dort entwickelten Produkte kennenzulernen. Um Kinder und Jugendliche unabhängig von ihrer sozialen oder geografischen Herkunft und ihres Geschlechts zu erreichen, wurde SCHOOL@MUL – im Gegensatz zu „Kinderuni“-Konzepten – nicht als Freizeitaktivität durchgeführt, sondern sprach ganze Jahrgänge über die Schulen an. Im Zuge des Projekts wurde festgestellt, dass SCHOOL@MUL stark dem Konzept von „Schülerlaboren“ entspricht. Diese außerschulischen Lernorte sprechen überwiegend die MINT-Fächer an und richten sich mit ihren Angeboten an Klassenverbände der Primarstufe (Volksschule) ebenso wie der Sekundarstufe (schulische Unter- und Oberstufe). Die äußeren Rahmenbedingungen in



einem Schülerlabor ermöglichen ein handlungsorientiertes Arbeiten mit einem hohen Anteil an Schüler\*innen-Experimenten und Eigenaktivität in kooperativer Form. Hintergrund für die Etablierung von zahlreichen Schülerlaboren u. a. an deutschen Unis waren Untersuchungen, die aufzeigten, dass der naturwissenschaftliche Unterricht oft zu wenig problem- und anwendungsorientiert ist.

## Verschiedene Workshops zur Auswahl

Aufbauend auf den bei SCHOOL@MUL gewonnenen Erfahrungen bietet das Lehr-Lern-Labor Leoben Experimentier-Workshops zu unterschiedlichen Themen an. Zielgruppen des Labors sind Schüler\*innen im Alter von sechs bis ca. elf Jahren ebenso wie Lehrpersonen in Ausbildung

und Beruf, die ihre Kompetenzen im Rahmen des Angebots ebenso erweitern können.

Derzeit stehen Workshop-Module zu den Themen „Salze“, „Kunststoffe“ und „Metalle“ zur Auswahl. Jeder Workshop ist als Stationenbetrieb organisiert und dauert ca. zwei Stunden. Die Schüler\*innen forschen durchgehend selbst, unterstützt von einem Team aus Studierenden von Montanuniversität und PPH Augustinum. Auch in die wissenschaftliche Begleitforschung durch die PPH Augustinum sind Studierende eingebunden. Sämtliche Materialien und Werkzeuge für die Experimente, aber auch Labormäntel und -brillen in Kindergrößen sowie „Forschungshefte“ für die Schüler\*innen werden zur Verfügung gestellt.

Die Inhalte der Workshops beziehen sich auf die Forschungs- und Lehrgebiete der Montanuniversität und somit auf den Wertschöpfungskreislauf von der Rohstoffgewinnung und -verarbeitung über die Metallurgie, die Hochleistungswerkstoffe, das Prozess- und Produktengineering bis hin zur Umwelttechnik und zum Recycling. Aus diesen Themengebieten hat ein Team der PPH Augustinum unter der Leitung von Prof.in Rosina Haider BEd MA für die Altersgruppe passende Experimente und Hintergrundinfos ausgewählt und unter Berücksichtigung von Gender-, Sprach- und Diversitätssensibilität aufbereitet. Im Mittelpunkt stehen Experimente und handwerkliches Tun ebenso wie Bestandteile der digitalen Bildung.

Das Angebot ist für Schulklassen kostenlos und wird von der Abteilung für Öffentlichkeitsarbeit

(Projektleitung: Mag.a Julia Mayerhofer-Lillie) organisiert sowie kontinuierlich weiterentwickelt. So ist derzeit ein Modul zum Thema „Robotik/Coding“ in Pilotierung und bis 2024 entsteht ein Workshop zum Thema „Graphit“ im Rahmen eines vom OeAD, der Agentur für Bildung und Internationalisierung des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Forschung (BMBWF), geförderten „Sparklings Science“-Projekts gemeinsam mit u. a. der Pädagogischen Hochschule (PH) Niederösterreich.

Für ältere Schüler\*innen der Sekundarstufe wird derzeit an einem Ausbau des Angebots in Kombination mit dem früheren Vermittlungsprojekt SCHOOL@MUL gearbeitet.

## Qualifizierung für die großen Herausforderungen der Zukunft

„Mit diesem Lehr-Lern-Labor verfügen wir über eine österreichweit einzigartige und richtungweisende Einrichtung, die in ihrer Ausprägung die beiden wichtigsten Adressaten unserer MINT-Bemühungen erreicht, nämlich Lehrer\*innen und Schüler\*innen“, freut sich der Rektor der Montanuniversität Leoben, Wilfried Eichlseder. „Wir wer-

den die großen Herausforderungen der Zukunft wie beispielsweise den Klimawandel nur dann bewältigen können, wenn wir im naturwissenschaftlich-technischen Bereich genügend qualifizierten Nachwuchs generieren können“, ist er überzeugt.

## Auch Lehrer\*innen profitieren

„Ergebnisse der Bildungsforschung legen nahe, dass Förderinitiativen im MINT-Bereich bereits in der Elementar- und Primarstufe besonders wirkungsvoll sind. Die PPH Augustinum setzt daher seit geraumer Zeit diesbezügliche Initiativen“, erklärt RgRin Mag.a Dr.in Andrea Seel, Rektorin der PPH Augustinum, deren Haus auch die Begleitforschung zum Lehr-Lern-Labor übernommen hat. „Das Lehr-Lern-Labor ermöglicht vorbildliche Rahmenbedingungen für handlungsorientiertes forschendes Lernen der Kinder. Bei den beteiligten Lehrer\*innen erhoffen wir uns eine positive Zuwendung zu Themen aus Naturwissenschaft und Technik sowie eine Stärkung des Interesses für Digitalisierung. Fortbildungen sollen zudem didaktisch-methodische Aspekte der Vermittlung von MINT-Kompetenzen aufgreifen“, erläutert Seel die verschiedenen zielgruppenspezifischen Aspekte des Angebots. „Nicht zuletzt stellt das Lehr-Lern-Labor für unsere Studierenden ein spannendes Erprobungs- und Lernfeld in der Arbeit mit Kindern im außerschulischen Kontext und in der interdisziplinären Zusammenarbeit dar.“

### Kontakt:

Mag. Julia Mayerhofer-Lillie

+43 3842 402 -7223

[lehrlernlabor@unileoben.ac.at](mailto:lehrlernlabor@unileoben.ac.at)

<https://www.unileoben.ac.at/lehr-lern-labor/>



# 3 Fragen an . . .

## Was bedeutet Nachhaltigkeit für Sie?

Für mich bedeutet das, dass wir zum einen in der Gesellschaft im Einklang mit der Natur aber auch unseren Mitmenschen leben. Es geht darum zusätzlich zum Schutz der Umwelt, auch auf Wirtschaft und Gesellschaft langfristig aufzugesen, damit sich diese Systeme weiterentwickeln können. Bei diesem Weiterentwicklungsgedanken geht es auch darum, sich persönlich zu engagieren, damit es zu einer Entwicklung kommt bei der wir langfristig bestehende Systeme schaffen und nachhaltige Entwicklung erreichen, in der jede\*r einzelne aufgehoben ist.

In meinem Alltag versuche auch ich nachhaltig zu



## **Julia Brandstetter, Studentin der Industriellen Energietechnik und ehemalige ÖH-Vorsitzende der Montanuniversität**

leben, zum Beispiel durch den Einkauf von regionalem und saisonalem Obst und Gemüse oder Secondhandkleidung. Zusätzlich habe ich mich mit der Wahl des Studiums Energietechnik entschieden auch auf dieser Ebene zur Lösung von großen Herausforderungen der Zukunft einen Beitrag zu leisten. Auch meine Tätigkeit in der Österreichischen Hochschülerschaft als ehemalige Vorsitzende sehe ich als Teil nachhaltiger Arbeit für die Gesellschaft und zum Wohl der Studierenden und ihrer Universität.

## Worin merken Sie den Beitrag der Montanuniversität zur Nachhaltigkeit?

Zum einen durch die angebotenen Studienrichtungen, die den gesamten Rohstoffkreislauf abdecken. Zum anderen durch Projekte mit Industriebeteiligung, die große Hebel der Veränderung darstellen, wenn es zum Beispiel um Dekarbonisierung geht. Natürlich ist es auch wichtig, dass wir persönlich unseren Beitrag leisten, doch müssen auch Potentiale zum Einsparen von Emissionsmengen in unserem System, wo Wirtschaft und Industrie beteiligt sind, wahrgenommen werden.

## Was wünschen Sie sich von einer nachhaltigen Montanuniversität in der Zukunft?

Dass neue Ansätze verfolgt werden und die junge Generation noch mehr in Projekte eingebunden wird. Ich bin überzeugt, unser Status quo ist ein guter Ansatz, doch wir können noch innovativer sein und die Rahmenbedingungen zur Einbindung von Studierenden und deren Ideen ausweiten, auch um interdisziplinär arbeiten zu können. Ich denke, wir haben ein großes Know-how an der Universität, brauchen aber auch Expertise in Kommunikation und Austausch mit der Gesellschaft, um dieses richtig zu vermitteln. Diese Themen werden nicht explizit gelehrt, sie sind aber nicht minder wichtig für den Erfolg von Projekten.

## Lukas Wechner, Student der Industriellen Energietechnik

### Was bedeutet Nachhaltigkeit für Sie?

Nachhaltigkeit bedeutet für mich, nicht nur wie es in der Definition steht, ein Schonen von Ressourcen, um sie langfristig nutzbar zu machen. Sie ist vielmehr eine Chance auf eine lebenswertere Zukunft für mich, meine Kolleg\*innen, die jüngere Generation, generell für uns alle. Nachhaltiges Handeln im Beruflichen wie im Privaten gibt uns die Möglichkeit mit der existenzbedrohenden Klimakrise umzugehen, ihre Folgen abzuwenden oder zumindest abzumildern. Nachhaltigkeit muss einer unserer Grundwerte sein und sie muss jeden Tag, in allen Situationen gelebt werden.

### Worin merken Sie den Beitrag der Montanuniversität zur Nachhaltigkeit?

Der Beitrag der Montanuniversität liegt meines Erachtens hauptsächlich in der Lehre und Ausbildung von angehenden Ingenieur\*innen. Dabei ist die Sensibilisierung zur Nachhaltigkeit der größte Beitrag. Die Absolvent\*innen können diese Denkweise in die Industrie hinaustragen, um dort Transformation und Wandel anzuregen, der den Status quo aufbricht. Vor allem wir als Ingenieur\*innen, die ja mit sehr energieintensiven Prozessen zu tun haben, können auf Basis von nachhaltigem Denken in der Wirtschaft die Dekarbonisierung vorantreiben und so eine Verbesserung der Lebensbedingungen herbeiführen.

### Was wünschen Sie sich von einer nachhaltigen Montanuniversität in der Zukunft?

Ich würde mir mehr gelebte Nachhaltigkeit wünschen. Es wird viel unterrichtet, innerhalb der Hörsäle werden unsere Ziele diskutiert, aber wenn ich mir die Umsetzung der Montanuni-

versität Leoben nach außen anschauen, bleiben Wünsche offen. Vor allem in der Infrastruktur; am Beispiel des neugebauten Universitätsgebäude wurde ein kleines Waldstück abgeholzt und diese Fläche mit Asphalt versiegelt. Da gäbe es aus architektonischer Sicht viel mehr Potenzial. Sicher ist der Impact dort nicht so groß, wie der durch Lehre erreicht werden kann, aber wir als Montanuniversität müssen unsere Vorbildfunktion erfüllen und Nachhaltigkeit in allen Bereichen leben.



# Nachhaltiges Recycling von Lithium-Ionen-Batterien

Helmut Antrekowitsch  
Eva Gerold

Erneuerbare Energiequellen haben das Potenzial, die Ära der fossilen Brennstoffe zu beenden. Elektrochemische Speichersysteme, insbesondere Lithium-Ionen-Batterien (LIBs), sind eine wichtige Technologie für den Erfolg dieser Veränderung. Daraus folgt die Diskussion über die Sicherheit der notwendigen Rohstoffversorgung, die ökologischen und sozialen Auswirkungen der Produktion und das verantwortungsvolle Recycling von Altbatterien.

Neben den Basismetallen wie Eisen, Aluminium, Kupfer, Mangan und Nickel enthalten LIBs auch kritische Rohstoffe wie Kobalt, Lithium sowie Graphit. Die Herstellung einiger dieser Materialien kann mit gravierenden ökologischen und sozialen Auswirkungen verbunden sein (z. B. das Auftreten von Kinderarbeit im Co-Bergbau und der Einfluss der Li-Produktion auf den Wasserhaushalt in Wüstengebieten sowie die Bedeutung von Graphit als kritischen Rohstoff in der EU). Außerdem dominieren bei gewissen Rohstoffen einige wenige Produzenten die Märkte. In Anbetracht dieser Entwicklungen ist das Recycling von LIBs ein Schlüsselfaktor, um den Übergang zu erneuerbaren Energien nachhaltig zu gestalten. Aufgrund ihrer komplexen Materialzusammensetzung und ihres elektrischen bzw. chemischen Energieinhalts stellt dies eine anspruchsvolle Aufgabe dar, die zu verschiedenen Gesundheits-, Sicherheits- und Umweltrisiken führt. Um einen geschlossenen Kreislauf für LIBs zu gewährleisten, begannen umfangreiche Forschungsaktivitäten vor etwa 15 Jahren. Mehrere Bemühungen führten zur Entwicklung verschiedener Recyclingprozesse, die in einigen wenigen, wegweisenden Industrieanlagen realisiert wurden. All diese entwickelten Prozessrouten zeichnen sich durch lange und

komplexe Prozessketten aus und nutzen Kombinationen aus mechanischer und/oder thermischer und/oder pyrometallurgischen und hydrometallurgischen Verfahrensschritten (siehe Abbildung 1). Diese gewinnen meist nur einen Teil der Elemente zurück. Ziel der weiteren Forschungs- und Entwicklungsarbeiten muss dementsprechend ein Trend zu nachhaltigeren Technologien und Prozesskombinationen sein.

Besondere Beachtung gilt in diesem Zusammenhang auch dem Erhalt des Wertstoffkreislaufes, um eine Rückführung und Verwertung von wertvollen Inhaltsstoffen zu gewährleisten. Darüber hinaus können diese Materialien ohne eine geeignete Behandlung bzw. Entsorgung ein erhebliches Gefährdungspotenzial für die Umwelt darstellen, welches insbesondere auf Metalle und deren Verbindungen zutreffen kann. Aus diesem Grund weist die Konzipierung von Recyclingstrategien für metallhaltige Reststoffe, welche derzeit einer Entsorgung zugeführt werden, einen besonderen Stellenwert auf.

Aktuell umfasst die Kapazität für das Recycling von Lithium-Ionen-Batterien weltweit weniger als 100.000 Tonnen pro Jahr. Bei der Betrachtung von Prognosen für die nähere Zukunft lässt sich ein Anfall von 1,8 Millionen Tonnen LIBs allein

aus dem Bereich der Elektromobilität für das Jahr 2030 voraussagen. Nach aktuellem Stand der Technik ergibt sich daraus die Möglichkeit, 250.000 Tonnen Aktivmaterial (Hauptbestandteile: Nickel, Kobalt, Lithium und Mangan) zurückzugewinnen.

Bei der systematischen Bewertung einer definierten Recyclingtechnologie sollten die Faktoren Effizienz, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit Berücksichtigung finden. Für die hydrometallurgische Form des Metallrecyclings aus verbrauchten Lithium-Ionen-Batterien besteht ein aktuell bereits hohes sowie in den nächsten Jahren stetig steigendes Potenzial. Durch die Kombination aus mechanischer Aufbereitung und hydrometallurgischen Prozessen können die Aspekte der hohen Selektivität als auch der Produktreinheit bei einem zugleich geringen Energieeinsatz gleichermaßen gewährleistet werden. Um eine umfassende Beurteilung der Möglichkeiten zur Rückgewinnung von kritischen Elementen aus Lithium-Ionen-Batterien anzustellen, erfolgte am Lehrstuhl für Nichteisenmetallurgie die Durchführung von unterschiedlichsten hydrometallurgischen Versuchsabfolgen auf Basis von thermodynamischen Überlegungen und Kinetikberechnungen sowie die anschließende Auswertung der Gehalte an Wertmetallen in Flüssig- und Feststoffproben. Besonderer Fokus wurde dabei auf das Zusammenspiel von Vorbehandlung und anschließendem stofflichen Recycling gelegt, da die Optimierung dieser Prozesskombination eine wesentliche Verbesserung der Laugungseffizienzen und damit auch der Gesamtrecyclingquote bedingt. Durch die Zuhilfenahme statistischer Versuchsplanungs- und Auswertungssoftware konnte ein dreidimensionales Modell für unterschiedliche Prozessschritte erstellt werden, um damit Aussagen über die Optimierung des Che-

mikalien- und Energieeinsatzes zu treffen. Die angewandten Techniken standen stets unter der Prämisse zur Entwicklung eines Gesamtprozesses, da in weiterer Folge nicht nur Kobalt und Nickel, sondern auch weitere Metalle (z. B. Lithium) zurückgewonnen werden sollen und deren Fällungsprozesse von den entsprechenden Vorstufen abhängig sind. Aus dem erworbenen Wissen durch die Erprobung der Grundoperationen ließ sich der SeLiReco-Prozess (Selective Lithium Recovery) entwickeln (siehe Abbildung 2). Das erforschte Verfahren setzt sich aus einer Kombination von schwefelsaurer Laugung und mehreren Fällungsprozessen zusammen. Im Bereich der Metallrückgewinnung wurde vor allem auf die Selektivität der Prozessstufen Wert gelegt. Es zeigte sich, dass die ausschließliche Anwendung klassischer pH-Wert-basierter Fällungsmethoden nicht erfolgreich ist, sondern auf Komplexbildungsprozesse zurückgegriffen werden muss. Mit diesem Konzept lassen sich hochwertige, recycelte Einsatzstoffe gewinnen, die nicht nur im Batteriebereich, sondern auch in anderen Branchen, wie z. B. der Edelstahlherstellung Verwendung finden. Die Anwendung der Ergebnisse dieser bisherigen Forschungsarbeit ermöglichen ein gemeinsames Recycling von Kobalt und Nickel sowie einer separaten Rückgewinnung von Lithium aus Lithium-Ionen-Batterien und die einhergehende Herstellung eines hochwertigen Produkts, welches in unterschiedlichen Industriezweigen (z. B. Edelstahlherstellung) eingesetzt werden kann, ohne auf die kostenintensive und dem Stand der Technik entsprechende Solventextraktion angewiesen zu sein. Das entwickelte Verfahren ermöglicht eine CO<sub>2</sub>-arme Rückgewinnung der beiden wertvollen Metalle, der Fällungslösung zur Präzipitation von Lithium zu verhindern, und entspricht somit dem Gedanken der Kreislaufwirtschaft, da essenzielle Stoffkreisläufe geschlossen werden. Durch die Weiterentwicklung dieses wegweisenden Konzeptes kann die Schließung weiterer Rohstoffkreisläufe vor allem in Bezug auf die

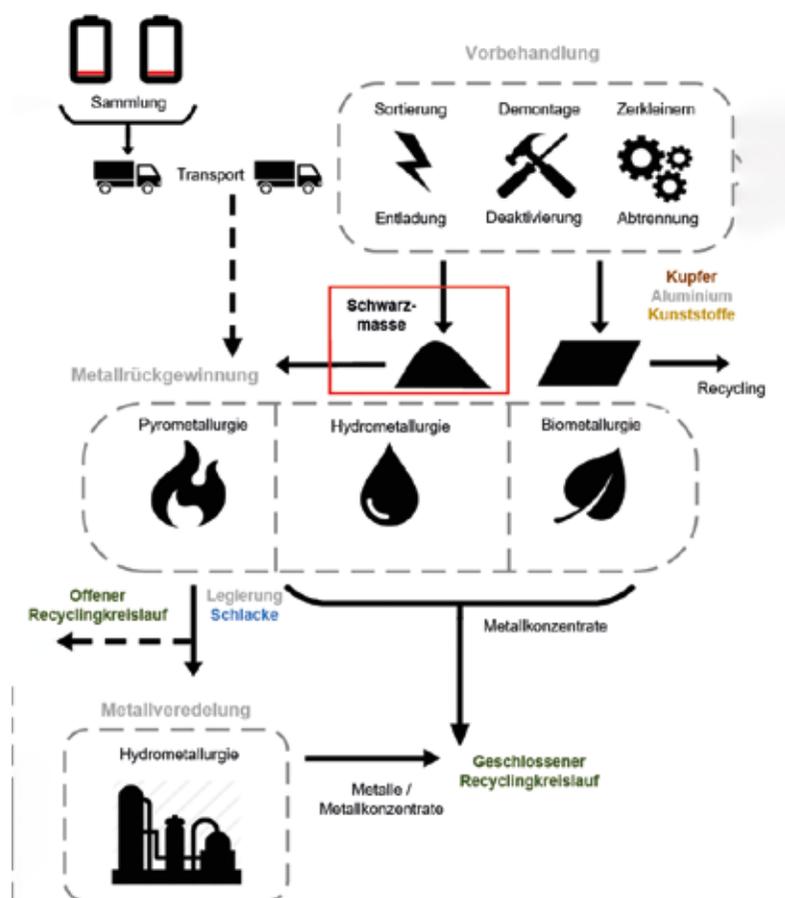


Abbildung 1

kritischen Elemente Lithium, Graphit und Kobalt forciert werden.

Die stoffliche Verwertung des Graphits, des Lithiums, des Mangans und des Kobalts ermöglicht eine gewisse strategische Unabhängigkeit der europäischen Union von ausländischen Materialexporten und festigt somit den Wirtschaftsstandort Europa bzw. Österreich. Neben den ökonomischen Vorteilen soll vor allem der Fokus auf der Entwicklung von CO<sub>2</sub>-neutralen und nachhaltigen Recyclingkonzepten liegen, da diese bisher am Markt noch nicht verfügbar sind somit einen wesentlichen Beitrag zu Klima- und Umweltschutz leisten würden. In Zukunft soll der erforschte Prozess weiterentwickelt werden, um die Auswirkungen des Verfahrens im Hinblick auf dessen ökologischen Fußabdruck zu minimieren. Um die Umweltbelastung weiter zu reduzieren, eröffnen

sich durch den Einsatz alternativer Säuren sowie Oxidationsmittel neue Verfahrenswege mit hoher Effizienz bei geringem Energieeinsatz sowie reduziertem CO<sub>2</sub>-Fußabdruck. Aktuell wird ergänzend auch die Biohydrometallurgie als vielversprechend angesehen, da durch den Einsatz von Bakterien und Pilzen eine vollständige Substitution der notwendigen Säuren möglich ist.

#### Kontakt:

Univ.-Prof. Dr. mont. Helmut Antrekowitsch  
[helmut.antrekowitsch@unileoben.ac.at](mailto:helmut.antrekowitsch@unileoben.ac.at)  
 Dipl.-Ing. Dr. mont. Eva Gerold  
[eva.gerold@unileoben.ac.at](mailto:eva.gerold@unileoben.ac.at)

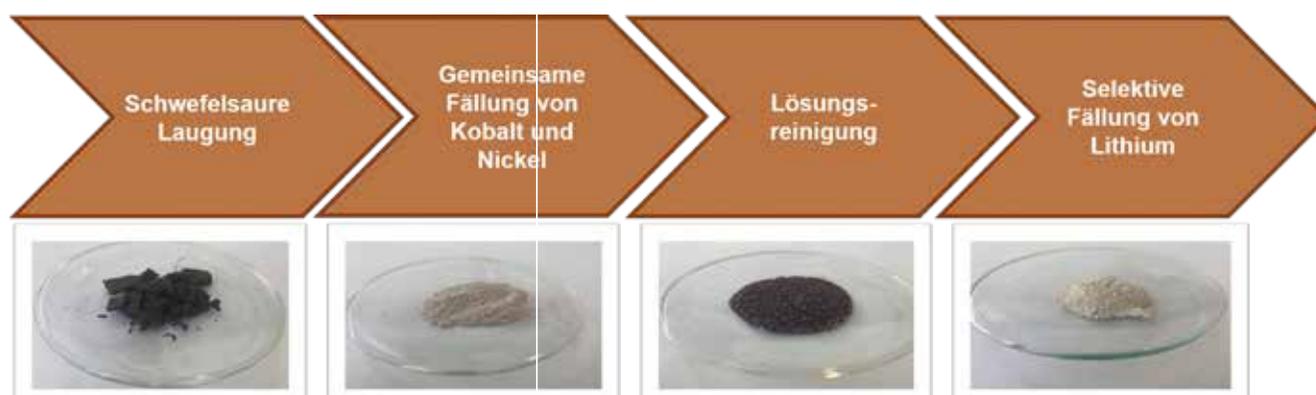


Abbildung 2

# „Wissen zu Rohstoffen, Materialien und Energie ist elementar für eine nachhaltige Zukunft!“

Anna Meyer  
und Holger Ott

Univ.-Prof. Dipl.-Phys. Dr.rer.nat. Holger Ott ist Leiter des Lehrstuhls für Reservoir Engineering. Im Herbst 2021 hat er den Vorsitz des Sustainable Development Panels, eines Konsortiums von engagierten und an Nachhaltigkeit interessierten Mitarbeiter\*innen der Montanuniversität, übernommen. Triple N hat sich mit ihm getroffen um über Nachhaltigkeit, Polarisierung und seine Ziele zu sprechen.

**Anna Meyer: Um auf die Folgen der Klimakrise und die Verantwortung gegenüber der Umwelt aufmerksam zu machen, demonstrieren seit Jahren weltweit Millionen Jugendliche. Herr Ott, hätte man Sie als Jugendlicher auch auf den Demonstrationen angetroffen?**

Holger Ott: Ich glaube nicht, als Jugendlicher war ich in dieser Hinsicht nicht besonders reflektiert. Bei mir kam das Verständnis für Nachhaltigkeit eher als junger Erwachsener. Wenn ich mit meinem heutigen Wissen aber jung wäre, würde ich mitdemonstrieren! Ich unterstütze Fridays for Future sehr, weil die Bewegung auf die wichtigen Themen aufmerksam macht, auch wenn sie dadurch zu einer gesellschaftlichen Polarisierung beitragen.

**Welchen Stellenwert nehmen die Themen Nachhaltigkeit und Klimakrise heute für Sie ein?**

Einen Hauptstellenwert! 70-80 % unserer Forschung und ein Großteil der Lehre bezieht sich auf Themen zur Energie- und Umweltproblematik. Zum Beispiel befassen wir uns mit der geologischen CO<sub>2</sub> Sequestration zur Reduktion von Treibhausgasemissionen. Auch in anderen Bereichen versuchen wir an das gesamte Energiesystem anzukoppeln. Wir machen wissenschaftliche Technologieentwicklung, deren Umsetzung aber an die gesellschaftliche Akzeptanz gebunden ist. Wenn etwas geschieht, dass die Energiesicherheit massiv bedroht, wie zum Beispiel der Ukraine-



krieg, sehen wir wie eine Gesellschaft reagiert, wenn deren Wohlstand gefährdet ist. Daher müssen wir die Gesellschaft und ihre Nutzungsgewohnheiten immer mitdenken. Ein sehr großes Problem ist, dass wir die Techno-

logien für die Energiewende haben, jedoch nicht die Mittel, nicht genug ausgebildete Menschen, und nicht genug Material um die Energiewende schnell zu schaffen. Auch stimmt oft die Kommunikation nicht. Wenn es darum geht Vorhaben umzusetzen, muss die Gesellschaft gut und transparent informiert werden – das geschieht leider nicht.

**Wie sehen Sie hierzu das Thema Verzicht?**

Ich glaube, dass jede\*r schon individuell verzichten würde, aber das erfordert die Information darüber, welcher Verzicht wirklich zur Nachhaltigkeit beiträgt und was die Rahmenbedingungen zulassen. Ein Problem ist diesbezüglich auch die zunehmende Polarisierung der Gesellschaft. Einerseits scheint es als müsste man polarisieren, um gehört zu werden. Industrie und deren Vertreter auf der einen Seite und Aktivist\*innen auf der anderen Seite polarisieren, prägen den Diskurs und argumentieren beispielsweise einerseits mit Energiesicherheit, andererseits mit dem Ausstieg aus fossilen Energieträgern. Im Gegensatz dazu wird das differenzierte Denken oft in den Hintergrund gestellt, denn obwohl es inhaltlich überlegen ist, sind polarisierende Inhalte medienwirksamer.

Polarisierende Aussagen haben häufig das Ziel auf den Nächsten zu zeigen und nicht Probleme zu analysieren und nach Lösungen zu suchen. So wird oft gegen die Öl- und Gasindustrie argumentiert – schlussendlich verbrennt aber fast jede\*r Benzin in seinem\*ihrem Auto. In diesem Muster wird weniger der eigene Verzicht thematisiert, sondern nach Schuldigen gesucht.

**Was verstehen Sie unter „Nachhaltigkeitsverantwortung“? Müssen wir Verantwortung übernehmen?**

Auf jeden Fall! Einerseits übernimmt man Verantwortung durch einen nachhaltigen Lebensstil. Das gelingt aber nur wo es das Umfeld wirklich zulässt. Jedoch muss man, in den Lebensbereichen in denen man Nachhaltigkeit nicht durchsetzen kann, nach besten Wissen und Gewissen agieren.

Ich denke in den Bereichen, die man wirklich beeinflussen kann, hat man persönlich eine große Verantwortung. Die Gesellschaft kann durch einflussreiche Individuen stark verändert werden. Eine Art Trendsetting dient den Menschen zur Orientierung. Hier muss man eine Balance finden und gut selber einschätzen können, wo man am meisten bewirken kann.

Ist Nachhaltigkeit ein Thema für Universitäten? Wie sollen Universitäten mit diesem Thema umgehen?

Ja, Nachhaltigkeit ist ein sehr wichtiges Thema für Universitäten und unsere Universität hat dabei eine spezielle Vorreiterrolle – das wird nur nicht genug kommuniziert. An der Montanuniversität arbeiten wir in technologischen Bereichen, die an sich nicht unbedingt nachhaltig sind, die aber gleichzeitig eine hohe gesellschaftliche Relevanz haben. Als Universität arbeiten wir natürlich nicht am Status quo, sondern machen solche Technologien besser und nachhaltiger.

Sowohl als Individuum wie auch als Gesellschaft müssen wir begreifen, dass wir gewisse Rohstoffe und Technologien brauchen, wenn das aber gleichzeitig ein Problem für Umwelt und Klima darstellt – Beispiel Rohöl –, ist es umso wichtiger, an diesem Problem zu arbeiten. Daher verstehe ich die Leute nicht, die sagen, es mache gar keinen Sinn Petroleum Engineering zu studieren. Unsere Probleme sind nicht die erneuerbaren Energien, denn es gibt genug entwickelte Technologien, die man umsetzen kann, hier liegt es eher an Investitionen, Verfügbarkeiten und auch Widerständen. Mindestens genauso wichtig ist der Bereich der Emissionsreduktion, da uns die Fossilen wohl oder übel noch einige Zeit erhalten bleiben werden, und weil das 1,5 °C oder 2 °C Ziel sonst nicht erreicht werden kann. Auch sollte man generell das enorme energetische Potential der Erdkruste nicht vernachlässigen. Das trifft nicht nur auf Petroleum Engineering, sondern auch auf den gesamten Rohstoffbereich zu. Wir arbeiten an der Montanuniversität Leoben genau an diesen Problemfeldern.

Was lernen Studierende an der Montanuniversität in Bezug auf Nachhaltigkeit und was erhoffen Sie sich davon?

Ich glaube Nachhaltigkeit muss gelebt werden. An unserer Universität gibt es eine sehr gute Ingenieurausbildung und ein gutes Bewusstsein für die Problematik.

An meinem Lehrstuhl zum Beispiel veranstalten wir Workshops zum Thema Petrokultur, bringen Künstler ins Haus und regen so Studierende zum Denken an. Wir haben viele interessierte und reflektierte Studierende, die gerne an Workshops teilnehmen und die ein Programm rund um ihr Studium, das zur Diskussion anregt, wertschätzen.

Ich denke, dass Zusatzangebote, ergänzend zum technisch ingenieursorientierten, naturwissenschaftlichen Studium wie etwa Inhalte zu Ethik, menschlichem Verhalten und Umweltproblematik enorm wichtig sind und im neuen Bachelorstudium der Montanuniversität gibt es gute Ansätze in diese Richtung. Dass Nachhaltigkeit in den Fachbereichen gelebt wird, wird von den Studierenden gefordert und sollte sich auch durchs gesamte Studium ziehen. Unsere Hoffnung ist, dass Studierende und Lehrende ein Nachhaltigkeitsbewusstsein entwickeln und nach außen tragen und wir dadurch einen Multiplikationseffekt in Gesellschaft und Wirtschaft haben.

Welche Ziele haben Sie als Lehrstuhlleiter und als Vorsitzender des Sustainable Development Panels der Montanuniversität Leoben?

Als Lehrstuhlleiter arbeite ich an „Clean Fossil Fuels“ und der nachhaltig energetischen Nutzung des Untergrundes und setze diese Themen auch im Lehrbetrieb um. Der nächste große Schritt wäre die Implementierung. Damit meine ich, zu erreichen, dass wir beispielsweise in Österreich CO<sub>2</sub> einspeichern können. Aktuell sieht die Rechtslage das nicht vor. Um eine Einspeicherung zu erreichen, müssen wir die Energie- und Emissionslandschaft in Österreich besser verstehen um zu sehen wo Emissionen anfallen und wo sie hingehen könnten. Zusätzlich müssen wir auf Ebene von Behörden und Gesellschaft Aufklärungsarbeit leisten, sowie einen öffentlichen Diskurs zur CO<sub>2</sub>-Einspeicherung anstoßen. Allein die Feldentwicklung um großtechnisch CO<sub>2</sub> zu speichern kann viele Jahre dauern. Deshalb sollte man dieses Thema nicht mehr jahrelang aufschieben. Als Teil eines Teams habe ich Projekte dieser Art bereits realisiert, nur eben nicht in Österreich. Im Prinzip ist es die Aufgabe des Lehrstuhls, Dekarbonisierung zu forcieren und Technologien wie Carbon Capture and Storage in Österreich zu etablieren auch um weltweit glaubwürdig zu sein und zu zeigen, dass diese Technologien wichtig sind und einen relevanten Beitrag zum Erreichen der Klimaziele darstellen können.

Besonders wichtig ist mir auch, dass der Lehrstuhl Reservoir Engineering durch Initiativen mit anderen Lehrstühlen kooperiert. Gerade über das Sustainable Development Panel kommt es nun verstärkt zur Bildung von Clustern und gemeinsamen Forschungsschwerpunkten, wie zum Beispiel der Wasserstoffinitiative, bei der viele Lehrstühle gemeinsam an einem Thema forschen. Wenn nämlich nicht nur detaillierte Probleme an einzelne, sondern komplexe Probleme an die Lehrstühle herangetragen werden, die dann mit Hilfe von Kooperationen gelöst werden können, entwickelt die Universität eine One-Stop-Shop-Problemlösekompetenz, welche im Angesicht heutiger Herausforderungen immer wichtiger wird. Das hilft uns als Universität globaler auftreten zu können.

In 50 Jahren, wo sehen Sie die Montanuniversität Leoben?

Ich bin Optimist. Ich gehe davon aus, dass wir in 50 Jahren als Gesellschaft einen Weg gefunden haben einigermaßen nachhaltig zu leben, dass dieser Weg aber noch nicht vollständig umgesetzt ist und dass wir immer noch an jetzt aktuellen Problematiken arbeiten. Vielleicht hat sich die Situation noch nicht endgültig verbessert aber man hat sich zusammengefunden und sich auf wirksame Maßnahmen geeinigt. Auch denke ich, dass die Themen der MUL noch immer hoch aktuell sein werden und es verstanden wurde, dass das Wissen zu Rohstoffen, Materialien und Energie für eine nachhaltige Zukunft elementar ist.

Kontakt

Univ.-Prof. Dipl.-Phys. Dr.rer.nat. Holger Ott  
[holger.ott@unileoben.ac.at](mailto:holger.ott@unileoben.ac.at)

# Green Office Zertifizierungen zum ersten Mal vergeben!

Diesen Herbst wurde die Initiative „Green Office“ an der Montanuniversität gestartet. Ziel war es, den Bediensteten die Möglichkeit zu geben, zu erheben, wie nachhaltig ihr Büroalltag ist. Dieser Prozess gab auch jedem die Möglichkeit zu reflektieren, wo es noch Verbesserungspotenziale im Alltag gibt.

Anna Meyer

Einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung und zum schonenden Umgang mit der Umwelt kann jede\*r leisten. Einfache Verhaltensmaßnahmen im täglichen Büroalltag tragen dazu bei, nachhaltig zu handeln. Mit "Green Office" konnten viele Maßnahmen sichtbar gemacht werden. Im November wurden nun die erreichten Stufen der Green-Office-Zertifizierung per Mail versendet. Unter allen eingereichten Zertifizierungen wurden drei Wasserkaraffen mit Zirbenkugel, als nachhaltige Begleiter im Büroalltag an folgende Personen verlost: Alex Joellinger, Sabrina Berger, BSc und Ing. Dipl.-Ing Friedrich Karl, BSc

Zusätzlich wurden die Teilnehmer\*innen auch aktiv und brachten sich mit vielen Ideen und Feedback ein. Dafür möchte sich die TripleN-Redaktion herzlich bedanken. Die Ideen reichen von Verbesserungen der Initiative und des Fragebogens hin zu Maßnahmen, die die Universität setzen könnte. Hier wurden zum Beispiel genannt: Tageslicht-Bewegungsmelder oder Bewerbung der SUFI-Plattform (die "Suchen/Finden"-Plattform der Montanuniversität Leoben) über den HCL Notes Arbeitsbereich).

Schlussendlich konnte der Fragebogen viele Mitarbeiter\*innen motivieren, ihr Engagement noch zu erhöhen. Das Redaktionsteam freut sich über die rege Teilnahme und ist bemüht den zugesandten Ideen und Vorschlägen nachzugehen.



Wenn Sie noch mitmachen wollen, downloaden Sie das Green Office Formular (zu finden auf dieser Seite: <https://triplen.unileoben.ac.at/>), füllen es aus und retournieren es mit dem Betreff „Green Office“ an [ric-leoben@unileoben.ac.at](mailto:ric-leoben@unileoben.ac.at)!

#### Kontakt

Resources Innovation Center Leoben  
Franz Josef Strasse 18, 8700 Leoben  
+43 3842 402 7601  
[ric-leoben@unileoben.ac.at](mailto:ric-leoben@unileoben.ac.at)  
[www.ric-leoben.at](http://www.ric-leoben.at)

Im Zuge von *EURECA-PRO*, der European University on Responsible Consumption and Production, und den damit einhergehenden neuen Studienrichtungen stellt sich immer wieder die Frage: Wovon reden wir eigentlich, wenn es um verantwortungsvolle/n Konsum und Produktion geht?

# Über Verantwortung in RESPONSIBLE CONSUMPTION AND PRODUCTION

Sarah Kollnig

Auf der Website der Vereinten Nationen werden in der Ausformulierung des Sustainable Development Goals (SDG) 12 Responsible Consumption and Production Nachhaltigkeit und Verantwortung als gleichbedeutend verwendet.

Wissenschaftliche Arbeiten zum Thema zeigen jedoch, dass Nachhaltigkeit vor allem als theoretisches Konzept für Unternehmen und öffentliche Institutionen Verwendung findet. Es geht dabei darum, eine strategische Agenda hin zu einer nachhaltigen Entwicklung festzulegen.

Verantwortung hingegen wird als das praktische Handeln für eine nachhaltigere Welt verstanden. Dieses verantwortungsvolle Handeln bezieht sich auf ökonomische, ökologische und soziale Aspekte – die drei Hauptaspekte der Nachhaltigkeit.

Verantwortung bedeutet, dass ein Akteur für jemanden oder für etwas nach bestimmten Kriterien Verantwortung übernimmt. Im Kontext des SDG 12 übernehmen also Produzent\*innen und Konsument\*innen gegenüber sich selbst, der Gesellschaft und der Umwelt Verantwortung. Die Kriterien, anhand derer sie sich in ihrem Agieren rechtfertigen, können politischer Natur sein (wie die Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen), gesetzlicher Art (wie Menschenrechte oder Umweltrecht) oder moralischer Natur (wie unternehmensinterne Werte oder die persönliche Weltanschauung).

Verantwortung konkretisiert also die Nachhaltig-

keitsziele, indem sie bestimmte Richtlinien für das praktische Handeln vorgibt. Im Produktionsbereich zeigen sich diese Richtlinien unter dem Namen Corporate Social Responsibility (CSR). Diese unternehmerische Verantwortung kann allerdings verschieden ausgelegt werden. Unternehmen können sich dabei auf die Aufrechterhaltung des wirtschaftlichen Wachstums als gesellschaftlichen Beitrag fokussieren. Sie können allerdings auch eine breitere gesellschaftliche Verantwortung übernehmen. Generell fällt auf, dass im Wirtschaftsbereich die CSR eine konkretere Anwendung findet als der Nachhaltigkeitsbegriff.

Für Einzelpersonen lässt sich aus der Breite der Definitionen von Verantwortung vielleicht eines herausheben: Als moderne, rationale Menschen übernehmen wir Eigenverantwortung für unser Tun und Lassen – wir sind für uns selbst und auch für unsere Auswirkungen auf die Gesellschaft und unsere natürliche Umwelt zuständig. Dieses moderne Menschenbild bringt mit sich, dass wir uns nicht mehr auf eine übergeordnete Instanz (spirituell oder weltlich), die unser Handeln lenkt, beziehen können.

Als Konsument\*innen tragen wir also Verantwortung für unsere Kaufentscheidungen und den weiteren Lebenslauf von Konsumgütern. Als mündige Konsument\*innen können wir auch von Unternehmen einfordern, gewisse Standards einzuhalten. Wir nehmen außerdem an demokratischen Prozessen teil. Das bedeutet nicht nur, dass wir unsere po-



Fotocredit: Adobe stock / Proxima Studio

litischen Vertreter wählen, sondern auch, dass wir Zivilcourage zeigen und uns aktiv für eine bessere Welt einsetzen können.

Als Montanuniversität Leoben stellen wir uns also im Themenbereich Responsible Consumption and Production der Herausforderung, die strategische Ausrichtung auf Nachhaltigkeit in konkretes, verantwortungsvolles Handeln umzusetzen – in Lehre, Forschung, und als gesellschaftliche Akteure.

## Kontakt

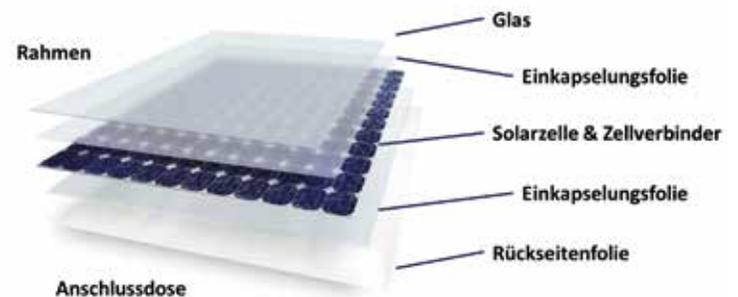
Sarah Kollnig, PhD  
+43 3842 402 8419  
[sarah.kollig@unileoben.ac.at](mailto:sarah.kollig@unileoben.ac.at)



Die allgemeine Architektur moderner Photovoltaik (PV)-Module auf Basis kristalliner Siliziumwafer wurde in den späten 1970er und frühen 1980er-Jahren eingeführt und hat sich seitdem nicht wesentlich verändert.

# Die Rolle der Kunststoffe in der Photovoltaik

Gernot Oreski



Aufbau eines Photovoltaik-Moduls

Ein Standard-PV-Modul aus dem Jahr 2022 besteht aus einer Reihe miteinander verbundener Solarzellen, die mit einem Polymer (Verkapselungsmaterial) eingekapselt und auf der Vorderseite mit Glas und auf der Rückseite mit einer polymeren Rückseitenfolie (backsheet) zu einem langlebigen Multimaterialverbund zusammengefügt werden.

Hier setzt auch die Forschung am Polymer Competence Center Leoben an, die sich mit der Rolle der Polymere bei der photovoltaischen Energiebereitstellung beschäftigt. Diese Rolle wird im Allgemeinen unterschätzt, da die Kunststoffe bei der Energiebereitstellung selbst keine aktive Rolle spielen. Die Wahl der Polymere hat jedoch einen deutlichen Einfluss auf die Eigenschaften der PV-Module, wie

- 1) Wirkungsgrad, da die optischen Eigenschaften der Verkapselung (Durchlässigkeit) und der Rückseitenfolie (Reflexion, Rückstreuung) die Anzahl der Photonen bestimmen, die die Solarzelle erreichen
- 2) Qualität, da die meisten Schäden durch schlechte Verarbeitungsparameter, die durch die Eigenschaften der Verkapselung definiert sind, und durch Materialunverträglichkeiten verursacht werden
- 3) Zuverlässigkeit, da die meisten Degradationsmechanismen von PV-Modulen direkt mit dem

Polymerabbau und den Materialwechselwirkungen mit den Polymerkomponenten zusammenhängen

Obwohl die meisten PV-Module nach dieser ziemlich standardisierten Zusammensetzung aufgebaut sind, können PV-Module in einer Vielzahl unterschiedlicher Formfaktoren und Designs unter Verwendung einer Reihe unterschiedlicher Materialien hergestellt werden. Um eine solche Variabilität zu ermöglichen, müssen die grundlegenden funktionalen Anforderungen an die Materialien gut verstanden werden.

Das Hauptziel eines PV-Moduls ist es, so viel Sonneneinstrahlung wie möglich in Strom umzuwandeln. Um dieses Ziel zu erreichen, ist einerseits eine hohe Durchlässigkeit des Materials erforderlich um Sonnenlicht zu den Solarzellen zu leiten, andererseits müssen die optischen und elektrischen Komponenten mindestens 25 Jahre lang vor Schäden durch chemische Stressfaktoren wie Wasser, korrosive Gase und Sauerstoff sowie vor thermischen und mechanischen Belastungen geschützt sein. Um auf dem Markt erfolgreich zu sein, müssen diese ehrgeizigen Ziele mit kostengünstigen Materialien und hochvolumigen Fertigungsverfahren erreicht werden.

Seit mehr als zehn Jahren erleben die Hersteller von Photovoltaikmodulen einen schnell wachsenden Markt und einen dramatischen Rückgang

der Modulpreise. Dieser Kostendruck hat dazu geführt, dass neue Moduldesigns entwickelt und umgesetzt werden, die entweder die Leistung und/oder die Lebensdauer der Module erhöhen oder die Produktionskosten senken. Viele dieser Innovationen beinhalten die Verwendung neuer und neuartiger-, anstelle herkömmlicher Materialien oder Konstruktionen. Dies hat zur Folge, dass Module produziert und verkauft werden, ohne dass ein langfristiges Verständnis ihrer Performance und Zuverlässigkeit vorliegt.

Es gibt mehrere Gründe für die Erforschung neuer Materialien für PV-Module. Die Verringerung oder der Ersatz teurer Materialien ist wichtig für die Gesamtwirtschaftlichkeit der Modulproduktion. So führt beispielsweise die Verringerung der Verwendung von Silber oder dessen Ersatz durch Kupfer oder Aluminium zu einer erheblichen Kostenreduzierung für die Hersteller.

Die Beschleunigung des Herstellungsprozesses ist eine weitere Möglichkeit zur Senkung der Produktionskosten. Die Laminierung ist in der Regel der langsamste Schritt in einer Modulproduktionslinie, und die Hersteller sind sehr an Materialien interessiert, die diesen Prozessschritt beschleunigen können. Schnell oder ultraschnell vernetzende Ethylen-Vinyl-Acetat (EVA)-Einkapselungsfolien haben beispielsweise die für die Vernetzung benötigte Zeit von 25 Minuten auf



Fotocredit: Adobe stock / peterschreiber.media

heute 10 Minuten reduziert. Die Umstellung auf thermoplastische Einkapselungsfolien, die nicht vernetzen, könnte diese Zeiten noch weiter verkürzen.

Eine offensichtliche Motivation für Materialinnovationen ist die Steigerung der Leistung. Dies kann z. B. durch die Vergrößerung der aktiven Fläche durch neue Zellverbindungstechniken, die Erhöhung der Lichtabsorption durch Antireflexionsbeschichtungen oder die Erhöhung der internen Reflexion durch hochreflektierende Rückseiten erreicht werden. Der Trend zur Vergrößerung der Siliziumwafer führt ebenfalls zu Leistungssteigerungen. Ein weiterer starker Motivationsfaktor ist die Verbesserung der Nachhaltigkeit von Modulen. Einige Hersteller bemühen sich um die Anerkennung ökologisch verantwortlicher Materialentscheidungen, indem sie verschiedene Kennzeichnungsstandards verwenden, um dadurch gute Nachhaltigkeitspraktiken zu identifizieren.

Ein Überblick über die heutige PV-Herstellungsindustrie zeigt, dass es klare Trends bei der Verbesserung der Materialien gibt. Die Wafergrößen für kristallines Silizium werden im Laufe der Zeit weiter zunehmen, da die Siliziumproduktion verbessert wird und zu größeren Einkristallen führt, die einen Durchmesser von 300 mm erreichen können. Neue Methoden zur Verbindung von Zellen halten Einzug in die Produktionslinien, wie etwa elektrisch leitfähige Klebstoffe (ECAs) oder die Multi-Wire-Technologie. Rückseitenkontaktzellen ermöglichen die Verwendung leitfähiger Rückseitenfolien zur Verbindung der Zellen untereinander. Dieser Ansatz hat den Vorteil, dass die Verformung der Zellen und die Belastung der Verbindungen minimiert werden, da die Zellverbinder nicht von der Rückseite zur Vorderseite der

Zellen verlaufen müssen, was zu einem wesentlich flacheren Moduldesign führt.

Ein anderer Ansatz sind PV Module, die für bestimmte Klimazonen (z. B. Wüste, Tropen, Arktis, hohe Wind- oder Schneelasten) oder spezielle Umgebungen (z. B. schwimmende PV, Agri PV) konzipiert sind. Bei Modulen für gebäudeintegrierte Anwendungen sind die ästhetischen Eigenschaften in der Regel genauso wichtig wie oder wichtiger als die Energieerzeugung. Bei auf Dächern montierten PV-Modulen kann das Gewicht ein begrenzender Faktor für die Installation sein. Es werden Konzepte zur Herstellung leichter Module unter Verwendung von ultradünem Glas und glasfaserverstärkten Verbundstrukturen oder Stützgerüsten untersucht. Für fahrzeugintegrierte PV sind gekrümmte Module erforderlich, die wahrscheinlich Materialinnovationen erfordern werden.

Der Prozess der Materialinnovation für PV wird durch die komplexen Wechselwirkungen innerhalb eines PV-Moduls weiter erschwert. Der Vorteil eines Materials kann durch seine Wechselwirkung mit einer anderen Komponente zunichte gemacht werden. Neue Materialien müssen innerhalb des gesamten Modulpakets und in Abstimmung mit den anderen vorhandenen Materialien funktionieren.

Im Allgemeinen ist es schwierig, die Vorteile neuer Materialien ohne langfristige beschleunigte Tests, die mit Felddaten korreliert werden können, zu belegen. Verbraucher und Hersteller verlassen sich auf internationale Normen, um sicherzustellen, dass neue Materialien nicht zu unerwarteten Leistungs- oder Zuverlässigkeitsproblemen führen. Ein weiteres Problem besteht darin, dass die Modulhersteller in der Regel ihre Komponenten und Materialien nicht bekannt geben und die Zu-

sammensetzung für ein bestimmtes Modulmodell je nach Herstellungsdatum und -ort variieren kann.

Unerwartete Fehlermechanismen die in der Vergangenheit bei der Material- und Modulqualifizierung nicht erkannt wurden, haben das Vertrauen in die bestehenden Normen und Testverfahren erschüttert, was zu enormen Anstrengungen bei der Einführung verbesserter beschleunigter Teststrategien führte.

#### Kontakt

Piv.-Doz. Dr. Gernot Oreski  
+43 664 88679331  
[gernot.oreski@pccl.at](mailto:gernot.oreski@pccl.at)  
[www.pccl.at](http://www.pccl.at)



# Circular Engineering und Responsible Consumption and Production

Thomas Antretter

Vor dem Hintergrund der aktuellen und zukünftigen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts hat die Montanuniversität Leoben (MUL) im Zuge einer tiefgreifenden strategischen Neuausrichtung ihr Ausbildungsprofil geschärft bzw. neu definiert. Das fand auch in einer umfassenden Studienreform ihren Niederschlag. Während der etablierte und bewährte Stamm an montanistischen Fächern erhalten blieb, wenn auch zum Teil unter anderen Namen, wurden zwei völlig neue Studienrichtungen geschaffen, die sich dem hochaktuellen Themenkreis der Kreislaufwirtschaft und dem verantwortungsvollen Umgang mit immer knapper werdenden Ressourcen widmet. Eine weitere Konsequenz der Studienreform ergab sich aus der Notwendigkeit heraus, den Wirkradius der Montanuniversität im internationalen Kontext zu erweitern. Folgerichtig wurde beschlossen, einige Studienprogramme ausschließlich auf Englisch anzubieten. Aufgrund des generell länderübergreifenden Charakters der Nachhaltigkeitsproblematik sowie aufgrund des zu erwartenden internationalen Betätigungsfelds der Absolvent\*innen trifft diese Festlegung auf die englische Vortrags- und Ausbildungssprache auch auf die beiden neuen Studienrichtungen *Circular Engineering* sowie *Responsible Consumption and Production* zu, die im Folgenden vorgestellt werden sollen.

Die Studienrichtung *Circular Engineering* existiert seit Oktober 2022 sowohl als Bachelor- als auch als Masterstudium. Sie wurde entwickelt, um den Bedarf an ingenieurwissenschaftlichen Fachleuten zu decken, die in der Lage sind, neue Technologien aufbauend auf den Prinzipien einer Kreislaufwirtschaft zu entwerfen, zu implementieren und zu überwachen und somit letztendlich die Umwelt zu schonen. Die Studienrichtung umfasst ein breites Spektrum an Fächern, die den Studierenden jene Fähigkeiten vermitteln, die es ihnen ermöglichen, komplexe technische Systeme



unter Berücksichtigung der ökologischen, ökonomischen und sozialen Auswirkungen bewerten zu können. Das Curriculum ist so gestaltet, dass die Studierenden auch die Möglichkeit haben, ihr Wissen und ihre Fähigkeiten in anderen Bereichen der Ingenieurwissenschaften anzuwenden. Das Studium ist somit nicht nur auf die Kreislaufwirtschaft beschränkt, sondern vermittelt auch Kenntnisse in anderen relevanten Ingenieurdisziplinen. Das erste Jahr des siebensemestrigen Bachelorstudiums entspricht jenem aller anderen Studienrichtungen an der Montanuniversität und vermittelt die technisch – naturwissenschaftlichen Grundlagen aller Ingenieurstudien mit Bezug zu den Kompetenzfeldern der Montanuni-

versität. Eine weitere Vertiefung der allgemeinen ingenieurwissenschaftlichen Basis erfolgt im zweiten Studienjahr im Modul „Engineering Disciplines“. Der weitere Fächerkanon orientiert sich entlang des Stoffflusses von der Rohstoffgewinnung bis zum Recycling und beinhaltet eine Modulzusammenstellung über die Themenfelder der primären Rohstoffe, der sekundären Rohstoffe und Recycling, der Materialtechnologien, der Verfahrenstechnik und Prozessentwicklung sowie der nachhaltigen Entwicklung. Der Bachelorabschluss aus *Circular Engineering* verbindet damit eine fundierte Grundausbildung in MINT und klassischer Ingenieurausbildung mit breiten Kenntnissen in Kreislaufwirtschaft und Nach-



haltigkeit. Technoökonomische Grundlagen, die den wirtschaftlichen Aspekt der Nachhaltigkeit berücksichtigen, sind ebenso fester Bestandteil des Curriculums. Das viersemestrige Masterstudium *Circular Engineering* verfolgt im Anschluss die Vertiefung und Verwissenschaftlichung der im Bachelorstudium vermittelten Inhalte. Insgesamt bietet die Studienrichtung *Circular Engineering* an der Montanuniversität Leoben den Studierenden eine österreichweit einzigartige Ausbildung in einem schnell wachsenden und hochrelevanten Themenbereich.

Die Montanuniversität hat innerhalb von Österreich die Leitung eines europaweit gemeinsamen Studienprogramms mit dem Titel *EURECA-PRO* übernommen, das sich neben Themen der nachhaltigen Gewinnung und Verarbeitung auch dem Aspekt des verantwortungsvollen Umgangs mit den verfügbaren Ressourcen widmet. Das Akronym *EURECA-PRO* steht dabei für European University on Responsible Consumption and Production. Das Programm umfasst eine Kombination aus Lehrveranstaltungen, Workshops und Praktika an mittlerweile neun europäischen Universitäten bzw. Fachhochschulen. Namentlich sind dies folgende Institutionen neben der Montanuniversität: TU Bergakademie Freiberg (TU Freiberg) in Deutschland, University of Petrosani (UP) in Rumänien, Hasselt University (UH) in Belgien, Technical University of Crete (TUC) in Griechenland, University of León (ULE) in Spanien, Mittweida University of Applied Sciences (HSMW) in Deutschland, Silesian University of Technology (SUT) in Polen sowie Université de Lorraine (ULO) in Frankreich.

Seit Oktober 2022 kann man an der MUL sowohl

ein zugehöriges Bachelor- als auch ein Masterstudium inskribieren. Das Bachelorstudium Responsible Consumption and Production (RCP) erstreckt sich als einziges seiner Art an der MUL über acht Semester. Diese zusätzlichen 30 ECTS dienen dazu, sich an einer oder mehreren Partneruniversitäten die Expertise auf dem Sektor der Responsible Consumption, der an der MUL nicht angeboten wird, anzueignen. Ansonsten ist das Studium sehr ähnlich dem oben beschriebenen Bachelorstudium aus Circular Engineering aufgebaut. Die ersten zwei Semester folgen wieder dem Konzept des ersten gemeinsamen Jahres an der MUL. Die beiden folgenden Studienjahre erlauben bereits viele Freiheiten bei der Zusammenstellung des Lehrplans. Die Auswahl von inhaltlich mit dem Curriculum kompatiblen Lehrveranstaltungen an einer der Partnerinstitutionen ist ausdrücklich erwünscht und wird gefördert.

Im konsekutiven viersemestrigen Masterstudium Responsible Consumption and Production werden nur noch die Module „Sustainable Development“ und „Responsible Consumption“ verpflichtend vorgeschrieben. Letzteres ist, aus den gleichen Gründen wie oben beschrieben, im Ausland an einer oder mehreren der acht Partnerinstitutionen zu absolvieren. Die Studierenden haben dann die Möglichkeit, sich auf einem der vier Kernbereiche der MUL, nämlich primäre Rohstoffe, sekundäre Rohstoffe und Recycling, Materialien sowie Prozesse und Verfahren zu spezialisieren. Jedes dieser Module, inklusive der beiden Pflichtmodule, werden durch jeweils dafür adaptierte Digitalisierungslehreveranstaltungen ergänzt.

Nach Abschluss des Masterstudiums verfügen die Absolvent\*innen über die Kompetenz, ganzheit-

liche Entwicklungen von Produkten und Produktionssystemen, sowohl hinsichtlich der Produktion als auch hinsichtlich des Konsums der Produkte voranzutreiben.

Mit der Implementierung der beiden neuen internationalen Studienprogramme hat die Montanuniversität Leoben einen wichtigen Schritt in Richtung Zukunft vollzogen. Mit der an der MUL bereits vorhandenen Kompetenz waren schon immer wesentliche Bausteine zur Bewältigung der Klimakrise – möglicherweise eine der größten Herausforderungen, vor der die Menschheit heute steht – vorhanden. Die neuen Studienprogramme bündeln diese Kompetenzen erstmals und ergänzen sie durch verstärkte internationale Zusammenarbeit. Das aktualisiert und erweitert einerseits das Ausbildungsportfolio der MUL, andererseits erhält nun auch die nichtdeutschsprachige Welt durch den Entfall von Sprachbarrieren die Möglichkeit, den Standort Leoben mit seinem spannenden und zukunftsweisenden Studienangebot kennenzulernen.

**Kontakt:**

Univ.-Prof. Dr. Thomas Antretter  
[Thomas.Antretter@unileoben.ac.at](mailto:Thomas.Antretter@unileoben.ac.at)  
[mechanik.unileoben.ac.at](http://mechanik.unileoben.ac.at)



# Partizipativer Prozess zu einer klimafitten Industrie – NEFI HACKATHON 2022

Christopher Gradwohl  
Thomas Kienberger

Die Erreichung der Klimaziele stellt das österreichische Energiesystem vor noch nie da gewesenen Herausforderungen. Dies betrifft besonders den industriellen Sektor, typischerweise charakterisiert durch große Produkt- und Prozessfüllen, variable Energieintensitäten sowie den Einsatz von Technologien und Aggregaten mit äußerst langen Lebensdauern. Diese stark heterogenen Eigenschaften der Industrie erfordern eine wohlüberlegte Herangehensweise für eine gesamtsystemische Betrachtung und Innovationssetzung im Kontext der Dekarbonisierung. Der heutige Endenergieverbrauch in Österreich beträgt rund 316 TWh – mit einem industriellen Anteil von rund einem Drittel (Statistik Austria 2020) – und zeigt auf, von welcher Größe und Komplexität die vor uns liegende Herausforderung ist.

Der Innovationsverbund New Energy for Industry (NEFI) – gefördert durch die Forschungs-, Technologie- und Innovations- (FTI) Initiative Vorzeigeregion Energie – stellt sich dieser Herausforderung und unterstützt die österreichische Industrie als Schnittstelle zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Politik in der Umsetzung der industriellen Dekarbonisierung. In diesem Zusammenhang wird am Lehrstuhl für Energieverbundtechnik nicht nur an innovativen Technologien geforscht, sondern auch an Lösungen gearbeitet, die den Weg zur CO<sub>2</sub>-freien produzierenden und energieintensiven Industrie in Österreich demonstrieren sollen.

## NEFI – NEW ENERGY FOR INDUSTRY

Der Weg der Weiterentwicklung des österreichischen Energiesystems zu einer modernen, dekarbonisierten und ressourcenschonenden Energieversorgung lässt Wirtschaft, Wissenschaft und Politik immer näher zusammenrücken. Das Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz oder die Novellierung des Energieeffizienzgesetzes verdeutlicht, dass eine verstärkte Zusammenarbeit notwendig ist, um die Energiewende in Österreich erfolgreich zu initiieren und

umzusetzen. Aus diesem Zusammenhang verfolgt NEFI das Ziel, die zukünftige Dekarbonisierung der Industrie an ausgewählten Standorten zu demonstrieren und Energietechnologieentwicklung – „Made in Austria“ – voranzutreiben. Ein langfristig angelegter Innovationsprozess soll infolgedessen einen Beitrag zur Sicherung des Industriestandorts Österreich auf dem Weg in eine klimafreundliche Zukunft leisten. Das NEFI-Konsortium, bestehend aus Montanuniversität Leoben, AIT Austrian Institute of Technology, OÖ Energiesparverband und OÖ Standortagentur Business Upper Austria, bündelt die umfangreiche Erfahrung im Bereich der Energieforschung und der Umsetzung von Projekten. Insgesamt sollen gemeinsam mit mehr als 100 Partnerunternehmen, 5 institutionellen Partnern und 14 Forschungseinrichtungen in einem offenen Innovationsprozess neue Projekte entwickelt, erprobte Technologien demonstriert und bis zur Marktreife gebracht werden. Erst kürzlich wurde das NEFI Projektportfolio mit neu gewonnenen Forschungsprojekten aus der FTI-Initiative – dotiert mit einem Fördervolumen von 10-15 Mio. Euro – erweitert.



## NEFI-Innovationsprozess: Technologieentwicklung

Vor dem Hintergrund der Erreichung der Klimaziele bis 2050 braucht es nicht nur einen Ausbau der erneuerbaren Energien, sondern auch Flexibilisierungsmöglichkeiten der industriellen Energieversorgungseinrichtungen sowie innovative Technologien zur Steigerung der industriellen Energieeffizienz. Darüber hinaus stellt in Technologieentwicklungsprojekten das Erreichen von technologischen Reifegraden höher als dem Entwicklungsstatus (Proof of Concept) eine wesentliche Herausforderung dar. Damit Entwicklungsphasen für einsatzbereite Systeme oder Technologien in realen Anwendungsumfeldern erreicht werden, ist eine umfassende Validierungs- und Demonstrationsstrategie in tatsächlichen Einsatzumfeldern erforderlich. Dabei besteht eine große Herausforderung in der – unter technologisch und ökonomisch optimalen Gesichtspunkten – Integration der angesprochenen Technologien in das vorhandene Energiesystem.

Um die Herausforderungen von Energiesystemintegrationen neuer Technologien zu adressieren, wird parallel zu dem Innovationsprozess in NEFI

eine umfangreiche, physische Labor-Infrastruktur etabliert, die als Demonstrations-, Innovations- und Ausbildungseinrichtung für industrielle Energiesysteme allen NEFI Stakeholdern bei der Projektumsetzung zur Verfügung steht.

Eine Strategie, die bei der Technologieentwicklung und bei Implementierungsphasen von entwickelten Prototypen oder Prozessen Anwendung findet, ist die sogenannte Power Hardware in the Loop (PHIL) Testmethode. PHIL Testmethoden kombinieren die Vorteile von numerischen Simulationen mit Hardwaretests, womit ein fortschrittliches Testen und Validieren von Energiesystemen mit tatsächlichen Komponenten bzw. Geräten – wie in etwa Photovoltaik Simulatoren, Energiespeicher etc. – unter echten Umgebungsbedingungen ermöglicht wird. Die Anwendung erlaubt zudem wirtschaftlich tragbare, hoch flexible, reproduzier- und skalierbare Testbedingungen. Ein wesentlicher Vorteil wird in der Erprobung von extremen Betriebsbedingungen – unter minimalen Kosten und Risiken – für das zu testende System gesehen, wobei unter anderem Probleme frühzeitig aufgezeigt und somit ein weitreichendes Systemverständnis aufgebaut wird.

## NEFI – Partizipative Stakeholder-Einbindung

In Sub-Projekten der Vorzeigeregion werden in Zusammenarbeit mit innovativen Produktions- und Technologieerzeugungsunternehmen Schlüsseltechnologien für die Dekarbonisierung der Industrie entwickelt und demonstriert. Durch

Technologien „Made in Austria“ soll ein Mehrwert geschaffen und Österreichs Position am globalen Markt gestärkt werden. Dabei verfolgt NEFI einen partizipativen Stakeholder-Ansatz, in dem Unternehmen, Medien und Wissenschaftler\*innen – unter anderem Studierende – wichtige Teile eines integrierten Energieverbundes sind. Die Bandbreite der in NEFI beteiligten Unternehmen reicht von großen Leitbetrieben bis zu innovativen KMUs und involviert Vertreter\*innen aller Sektoren, wie z.B. aus der Lebensmittel-, Maschinenbau-, Kunststoff-, Zement- und Stahlindustrie. Darüber hinaus erfolgt eine Bewusstseinsbildung zur Dekarbonisierung des industriellen Energiesystems über beispielsweise Living Lab Ansätze oder Bildungsprogramme unter Einbindung aller relevanten Stakeholdergruppen wie z. B.: Gemeindebürger\*innen, Schüler\*innen und Student\*innen.

## NEFI – HACKATHON 2022

Als besonderes Highlight im partizipativen Prozess zur Erreichung der Klimaziele wurde am Lehrstuhl für Energieverbundtechnik von DI Christopher Gradwohl ein Hackathon für Studierende veranstaltet. Die bereits erwähnten Herausforderungen zur Erreichung der Klimaziele erfordern nicht nur einen Ausbau der erneuerbaren Energien und der Energiespeicher, sondern auch eine Steigerung der Energieeffizienz. Zudem spielt die fortschreitende Digitalisierung eine zentrale Rolle, die Möglichkeiten zur Flexibilisierung der industriellen Energieversorgungseinrichtungen hervorbringt. Vor diesem Hintergrund arbeiteten Studierende aus ganz Österreich vom 30. bis 31. Mai 2022 über zwei

Tage hinweg an grünen Digitalisierungslösungen zur Flexibilisierung eines industriellen Energiesystems.

Der Hackathon adressierte reale Herausforderungen bei der Analyse bestehender Energiesysteme, sowie der Entwicklung innovativer Methoden zur Steuerung, Einspeise- und Kostenoptimierung volatiler dezentraler Energiequellen. Das Ziel war ein elektrisches und thermisches Energiesystem unter Einbezug von Wärmespeichern, Wärmepumpen, dezentraler Energieversorgung und elektrischen Speichern – dargestellt in Abbildung 1 – kostenoptimiert zu betreiben. In diesem Kontext wurden die für die Aufgabenstellung benötigten Lastgänge von realen Industriebetrieben und PV-Anlagen abgeleitet, womit Studierende ein umfassendes Wissen und Verständnis industrieller Energiesysteme erlangen konnten.

Der Hackathon wurde von Sponsor-Partnerunternehmen – Rohrdorfer, Fronius, Energie Burgenland, Energie Steiermark und Gösser Brauerei – aktiv begleitet und erlaubte persönliche Interaktionen, einen Wissensaustausch sowie mögliche engere Kooperationen mit den jeweiligen Unternehmen. Unsere Sponsor-Partnerunternehmen ermöglichten den Teilnehmer\*innen eine Veranstaltungsverpflegung sowie ein Auszahlen eines Preisgeldes in der Gesamthöhe von 2000 € und Sachpreise an die Gewinnerteams. Als Gewinnerteam wurden Martin Gamauf und Heinrich Gössler (MUL) mit 1500 € prämiert. Die Zweitplatzierten Matthias Maier, Maximilian Rock und David Siebenhofer (MUL) freuen sich über ein Preisgeld in der Höhe von 500 €. Das Team bestehend aus Liza Darab, Anna Kirchsteiger und Helmut Mühleder (FH Wels) und das Team mit Raphael Allgäuer und Georg Sorger (MUL) teilen sich den dritten Platz und wurden mit einem Sachpreis belohnt.

### Kontakt:

DI Christopher Gradwohl  
[christopher.gradwohl@unileoben.ac.at](mailto:christopher.gradwohl@unileoben.ac.at)  
 Projektmitarbeiter, Lehrstuhl für Energieverbundtechnik, Montanuniversität Leoben

Univ. Prof. DI Dr. Thomas Kienberger  
[thomas.kienberger@unileoben.ac.at](mailto:thomas.kienberger@unileoben.ac.at)  
 Leiter des Lehrstuhls für Energieverbundtechnik, Montanuniversität Leoben



BM Gewessler und BM Polaschek vergeben zum achten Mal Auszeichnungen für herausragende nachhaltige Projekte an Hochschulen und prämiieren die Montanuniversität Leoben.

# Nachhaltig ausgezeichnet - die Montanuniversität bei den Sustainability Awards 2022

Anna Meyer

Im Juni wurden im Technischen Museum Wien die Sustainability Awards 2022 vergeben. Seit 2008 wird der Sustainability Award als österreichweiter Wettbewerb für Universitäten, Fachhochschulen und Pädagogische Hochschulen alle zwei Jahre für besonders innovative und nachhaltige Hochschulprojekte verliehen. Dieses Jahr wurde die Europäische Universitätsallianz *EURECA-PRO*, unter der Leitung der Montanuniversität und shiftTanks, eine Umweltschutzorganisation von Studierenden aller Technischen Universitäten Österreichs, die von Leobener Studierenden gegründet wurde, ausgezeichnet.

Die vielfältigen, eingereichten Projekte leisten Beiträge zu ökologischen, ökonomischen, sozialen, kulturellen und politischen Aspekten von Nachhaltigkeit und tragen insgesamt zur Erreichung der 17 UN-Nachhaltigkeitsziele der Agenda 2030 bei. Die Gewinner\*innen in den acht Kategorien erhielten einzigartige Trophäen in Form kleiner Biosphären in upgecyclten Glühbirnen, die vom Künstler Anatol Stelzhammer entworfen wurden.

In seiner Festrede hob Martin Polaschek, Bundesminister für Bildung, Wissenschaft und Forschung, die Rolle österreichischer Universitäten und Hochschulen für die Umsetzung der Agenda 2030 hervor: „Die 83 eingereichten Projekte bezeugen die hochschulische Exzellenz sowie die Kreativität und Innovationskraft von Studierenden, Lehrenden und Forschenden. Die hohe Anzahl an hochschulübergreifenden Projekten verdeutlicht, dass komplexe Herausforderungen oft nur interdisziplinär und interinstitutionell adressiert werden können und dass die Universitäten und Hochschulen sowohl national als auch international ausgezeichnet ver-



netzt sind.“ Besonders die internationale Vernetzung zur Bearbeitung komplexer Themen trifft auf das Siegerprojekt in der Kategorie Internationale Kooperation zu: Mit *EURECA-PRO*, der Europäische Universitätsallianz für verantwortungsvollen Konsum und verantwortungsvolle Produktion, konnte die Montanuniversität Leoben diese Kategorie für sich entscheiden.

Vor der Verleihung an die Vertreter der Montanuniversität, betonte Dr. Eric Veulliet, Präsident der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Deutschland, in der Laudatio, dass Nachhaltigkeit vom Management einer Universität getragen werden muss, da Hochschulen der Nukleus der Gesellschaft seien und somit eine verantwortungsvolle Aufgabe im Hinblick auf Nachhaltigkeit tragen. Gerade bei der Betrachtung von SDG 4 „Hochwertige Bildung“

und SDG17 „Partnerschaften zur Erreichung der Ziele“ werde klar, dass die internationale Bildungskooperation ein Weg zum Erreichen dieser Ziele ist, wobei *EURECA-PRO* als Beispiel gelten kann, da diese Universitätsallianz das Ziel hat, eine globale Bildungsdrehzscheibe sowie und Forschungs- und uns Innovationsplattform zu errichten.

Leonore Gewessler, Bundesministerin für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie betonte in Ihrer Festrede, dass Universitäten „als integrative Bildungsinstitutionen zukünftiger Generationen und als Motor wissenschaftlicher Erkenntnisse, uns befähigen, mit der Komplexität aktueller Krisen umzugehen, sie einzuordnen und Handlungsmöglichkeiten erkennbar zu machen.“ In diesem Sinne wurden die Bemühungen der Montanuniversität Leoben ausgezeichnet.

Scientists4Future ist ein Zusammenschluss von Wissenschaftler\*innen aller Wissenschaften, die das Anliegen für mehr Klimaschutz der Fridays for Future unterstützen und für begründet halten. Im März 2019 haben sich über 26.800 Wissenschaftler\*innen aus dem deutschsprachigen Raum, zu S4F zusammengeschlossen, mehr als 1 500 davon aus Österreich.

Unterstützen auch Sie die Scientist 4 Future!



[https:// at.scientists4future.org/](https://at.scientists4future.org/)

Spendenkonto:

Förderverein der Scientists4Future

IBAN: AT23 3412 9000 0024 1224

BIC: RZ00AT2L129



# VERANSTALTUNGEN

# 2023

29.03.2023

## Science Slam

Montanuniversität Leoben

[www.eurecapro.eu/science-slam-leoben-2023](http://www.eurecapro.eu/science-slam-leoben-2023)

## Triple N Talks: Die öffentliche Ringvorlesung zum Thema Nachhaltigkeit an der MUL

[triplen.unileoben.ac.at/triplen/sommersemester-2023](http://triplen.unileoben.ac.at/triplen/sommersemester-2023)

11.04.2023-13.04.2023

## 23. Österreichischer Klimatag "Ressourcen im Wandel"

Montanuniversität Leoben

[klimatag-portal.ccca.ac.at](http://klimatag-portal.ccca.ac.at)

17.04.2023-19.04.2023

## MINT-Kongress 2023

Montanuniversität Leoben

[www.unileoben.ac.at/mint-kongress](http://www.unileoben.ac.at/mint-kongress)

23.04.2023-28.04.2023

## Summer School: Circular Engineering Across Disciplines

University of Hasselt, Belgium

[www.eurecapro.eu/cead-2023-turning-waste-into-resource](http://www.eurecapro.eu/cead-2023-turning-waste-into-resource)

24.04.2023-27.04.2023

## International Relations Staff week

University Lorraine in Nancy, France

<http://cwm.p.lodz.pl/en/node/1150>

15.05.2023-17.05.2023

## Raw Materials Summit 2023

EIT RawMaterials, Brussels, Belgium

<https://eitrawmaterials.eu/events/raw-materials-summit-2023/>

05.06.2023-09.06.2023

## 17th Freiberg Colloquium of Young Researchers

TU Bergakademie Freiberg, Germany

[www.eurecapro.eu/17th-colloquium-of-young-researchers/](http://www.eurecapro.eu/17th-colloquium-of-young-researchers/)

05.07.2023-08.07.2023

## The international final of the STEM Contest

<https://www.eurecapro.eu/stem-innovation-contest/>

26.09.2023-29.09.2023

## 3rd EURECA-PRO CONFERENCE

Technical University of Crete, Chania

<https://www.eurecapro.eu/third-eureca-pro-conference-2023>

12.10.2023

## 10th Kongress | Sustainability Management for Industries

Montanuniversität Leoben

[wbw.unileoben.ac.at/weiterbildung/smi-kongress](http://wbw.unileoben.ac.at/weiterbildung/smi-kongress)

18.10.2023-20.10.2023

## DIM ESEE, Innovation in Extraction

IUC, Dubrovnik

<https://dim-esee.eu/about-dim-esee-2021-2024/>

Diese Triple N geht an: