



Berg Huettenmaenn Monatsh (2023) Vol. 168 (8): 368–372
<https://doi.org/10.1007/s00501-023-01376-x>
 © Der/die Autor(en) 2023

BHM Berg- und
Hüttenmännische
Monatshefte

„Rohstoffpark Enns“

Innovatives Reststoff-Recycling in Zeiten der Energiewende

Kurt Bernegger¹, Christian Mlinar¹, Helmut Lugmayr¹ und Gerhard Mayer²

¹Fa. Bernegger GmbH, Molln, Österreich

²Montanuniversität Leoben, Leoben, Österreich

Eingegangen 22. Juni 2023; angenommen 3. Juli 2023; online publiziert 17. Juli 2023

Zusammenfassung: Der „Rohstoffpark Enns“ ist ein Industriestandort der Fa. Bernegger aus Molln. Im Endzustand umfasst dieser neben allgemeiner Infrastruktur (Bahnanschluss, zentrale Abwasserbehandlung etc.) auf 20 ha sieben Abfallbehandlungsanlagen. Der Zweck dieser Anlagen besteht in der Maximierung rückgewinnbarer Wertstoffe (Metalle, Kunststoffe, mineralische Rohstoffe) als Ersatz für Primärmaterial, der Erzeugung von grüner Energie (Wärme für 7000 und Strom für 15.000 Haushalte) und der Minimierung von zu deponierenden Rückständen.

Folgende zentrale Anlagen des Rohstoffpark Enns sind aktuell in Umsetzung:

- eine *Kunststoffsartieranlage* (Kooperation ARA, Grüner Punkt und Bernegger) in welcher 100.000t/a Leichtverpackungen („Gelber-Sack-Materialien“) mittels 38 Nahinfrarot-Sortiergeräten zur wertstofflichen Verwertung aufbereitet werden.
- eine seit 2006 bestehende *Shredder-Rückstands-Aufbereitungsanlage* (SRA) zur Gewinnung von Kunststoffen und Metallen aus Rückständen v. a. aus der Schrottaufbereitung. Dies erfolgt mittels Zerkleinerung, Klassierung und einer Vielzahl von unterschiedlichen Sortierungsschritten.
- eine 2024 in Betrieb gehende *Thermische Metallgewinnung* zur Rückgewinnung von Metallen v. a. aus den feinkörnigen, gering metallhaltigen und sehr stark verwachsenen Rückständen der SRA. Bei diesem Herstellungsprozess kommt ein von der Fa. Bernegger – gemeinsam mit der Fa. Küttner und mit Unterstützung von der Montanuniversität Leoben und der RWTH Aachen – über mehrere Jahre entwickeltes pyrometallurgisches Verfahren zum Einsatz. Damit wird neben Schwarzkupfer auch ein mineralisches Bindemittel und zinkhaltiger Staub erzeugt sowie gleichzeitig

durch den autothermen Prozess, Strom und Dampf produziert.

Schlüsselwörter: Rohstoffpark Enns, Thermische Metallgewinnung, Energie aus Abfällen

“Raw Material Park Enns” – Innovative Recycling of Residues in Times of Energy Transition

Abstract: The “Raw Material Park Enns” is an industrial site of the company Bernegger from Molln. In the final stage, in addition to the general infrastructure (rail connection, central waste water treatment, etc.), this site includes seven waste treatment plants on 20 hectares. The purpose of these plants is to maximize recoverable materials (metals, plastics, minerals) to replace primary materials, produce green energy (heat for 7000 and power for 15,000 homes), and minimize the amount of residues to be landfilled. The following main facilities of the Raw Material Park are currently being implemented:

- a plastics sorting plant (cooperated by ARA, Grüner Punkt and Bernegger) in which 100,000t/a of lightweight packaging (“yellow bag materials“) will be processed for recycling using 38 near-infrared sorting devices.
- a shredder residue processing plant (SRA) that has existed since 2006 for the recovery of plastics and metals from residues, primarily from scrap processing. This is done by shredding and mechanical sorting.
- a thermal metal recovery plant to go into operation in 2024 for the recovery of metals, primarily from the fine-grained residues of the SRA, with a low metal content. A pyrometallurgical process developed over several years by the Bernegger company together with the Küttner company and with the support of the Montanuniversität Leoben and the RWTH Aachen University is used. In addition to black copper, this also produces a mineral product for constructional use and zinc-dust, and at the same time, electricity and steam are produced from the waste.

Ass-Prof. Dipl.-Ing. Dr.mont. G. Mayer (✉)
 Montanuniversität Leoben,
 Franz Josef Straße 18,
 8700 Leoben, Österreich
 gerhard.mayer@unileoben.ac.at

Keywords: Raw material park, Thermal metal recovery plant, Energy from waste

1. Einleitung

Die Fa. Bernegger engagiert sich bereits in dritter Generation intensiv in den Bereichen Rohstoff, Bau und Umwelt. Wir wissen, dass hochwertigste Materialien und ihr effizienter Einsatz entscheidend sind. Mit dem „Rohstoffpark Enns“ – einer Kombination aus Anlagen zur Abfallbehandlung und Baustoffproduktion im Ennshafen – gelingt es, Wertstoffe, die bereits in Produkten oder Bauwerken im Einsatz waren, noch besser rückzugewinnen und wieder zu verwenden. Ziel ist es dabei auch, grüne Energie selbst zu erzeugen und effizient einzusetzen. Dafür hat Bernegger neue Technologien entwickelt und setzt Recycling somit an die Spitze. Die Einsparung von Primärrohstoffen, die Reduktion von Treibhausgasen und eine größere Unabhängigkeit von zu importierenden Rohstoffen ist dafür der Lohn.

Der Rohstoffpark Enns umfasst im Endzustand neben allgemeiner Infrastruktur (Bahnanschluss, Lagerbereiche, zentrale Abwasserbehandlung etc.) auf 20 ha sieben Abfallbehandlungsanlagen. Der Zweck dieser Anlagen besteht in der Maximierung rückgewinnbarer Wertstoffe (Metalle, Kunststoffe, mineralische Rohstoffe) als Ersatz für Primärmaterial, der Erzeugung von grüner Energie (Wärme für 7000 und Strom für 15.000 Haushalte) und der Minimierung von zu deponierenden Rückständen. Die rückgewonnenen Wertstoffe werden teils am Standort oder bei Dritten als Rohstoffersatz wieder in den Kreislauf gebracht und die Energie dem Industrie-Standort Ennshafen sowie dem Fernwärmenetz Enns in Form von Wärme, Strom und Dampf zur Verfügung gestellt. Durch die Bündelung der Anlagen an einem Standort können viele Synergien genutzt werden.

2. Zusammenspiel von sieben Anlagen

2.1 Shredder-Rückstands-Aufbereitungsanlage (SRA)

Am Standort Ennshafen betreibt die Fa. TBS – als 100%ige Tochter der Bernegger GmbH – seit 2006 die weltweit modernste und effizienteste Shredder-Rückstands-Aufbereitungsanlage (SRA-Anlage). Im Wesentlichen werden sehr spezifische metall- und kunststoffhaltige Abfälle – v. a. Sekundärabfälle von Shredderanlagen – in einem mehrstufigen mechanischen Aufbereitungsprozess behandelt (Abfallverwertungsverfahren R12/R3/R4 gem. AWG). Die Abfälle werden dazu zerkleinert und mittels unterschiedlicher Trennverfahren in 21 Outputstoffe sortiert. Davon werden 20 Materialien verwertet und 1 Rückstand beseitigt. Die Outputstoffe sind 18 verschiedene Metallfraktionen, Kunststoffgranulate sowie Flusen (zur thermischen Verwertung). Die SRA-Anlage ist für die Behandlung gefährlicher und nicht gefährlicher Abfälle mit einer Gesamtmenge von 130.000 t/a im Durchlaufbetrieb genehmigt.

Bei der Aufbereitung fallen zwei relevante Stoffströme an, welche ökologisch bzw. ökonomisch nicht sinnvoll weiter mechanisch aufbereitet werden können. Diese Fraktionen (Flusen und Sand) werden derzeit in Österreich thermisch verwertet (Flusen) bzw. auf einer Reststoffdeponie deponiert (Sand). Da in diesen Rückständen jedoch immer noch geringe Anteile an Wertstoffen wie Edelmetalle aber unter anderem auch weitere als kritische Rohstoffe eingestufte Metalle enthalten sind, wurde ein internes Forschungsprojekt gestartet mit dem Ziel, die Rückgewinnung dieser Wertstoffe im industriellen Maßstab zu gewährleisten.

2.2 Thermische Metallgewinnung

In mehrjähriger Forschungsarbeit wurde von Bernegger gemeinsam mit Partnern aus dem Anlagenbau und der universitären Forschung ein pyrometallurgisches Verfahren extra für diese sehr speziellen Rückstände der SRA-Anlage in Enns entwickelt. Dieses Verfahren nutzt die bereits vorhandene bestens erprobte und vielfach angewendete Anlagentechnik der Metallurgie und verbindet diese mit Techniken aus der modernen thermischen Abfallverwertung. Die Herausforderung bei diesem Verfahren besteht nicht in der Anlagentechnik an sich, sondern in der Prozessführung. Um eine hochgradige Rückgewinnung der Wertstoffe zu erreichen ist es absolut notwendig, die präzise „Parameter-Zusammensetzung“ der Aufgabeprodukte zu jedem Zeitpunkt zu kennen und darüber hinaus aktiv steuern zu können. Aufgrund der technisch sehr hochwertigen Aufbereitung durch die vorgeschaltete SRA-Anlage kann eine absolut präzise Einhaltung der Aufgabe-Produkt-Parameter (Heizwert, Homogenität, Dichte, Chemie etc.) erreicht werden. Dadurch wird ein in höchsten Maßen energieeffizienter und umweltschonender Prozess, an dessen Ende entsprechende Wertstoffe generiert werden, gewährleistet. Nur durch die präzise Prozesssteuerung können die höchste Qualität für die in der TMG erzeugten Produkte – Metalllegierung und mineralischer Baustoff – sichergestellt werden. Es gelingt damit, Produkte herzustellen, welche einem Primärprodukt gleichwertig sind!

Als Hauptbaugruppen der Thermischen Metallgewinnung sind folgende Komponenten zu sehen (siehe auch Abb. 1):

- Silos und Bunker für die Lagerung der Ausgangs- und Zusatzstoffe (Punkt 1).
- Anlage zur Verwiegung, Mischung und Kompaktierung (Brikettierung) der Materialien (Sand, Flusen und Additive) sowie Dosier- und Förderbänder zur Beschickung des Schmelzofens.
- Der eigentliche Schmelzofen (TBRC) mit den erforderlichen Anbauten für Kühlung, Luft- und Sauerstoffzufuhr, Rotation, Abgießen etc. (Punkt 2). Die Prozesstemperatur beträgt ca. 1250 °C. Der Behandlungsprozess läuft autotherm ab. Die notwendige Prozessenergie wird durch die eingebrachten Abfälle geliefert.
- Nachgeschalteter Separationsofen, zur Separation der im Hauptaggregat erzeugten Schlacke von der Edelm-

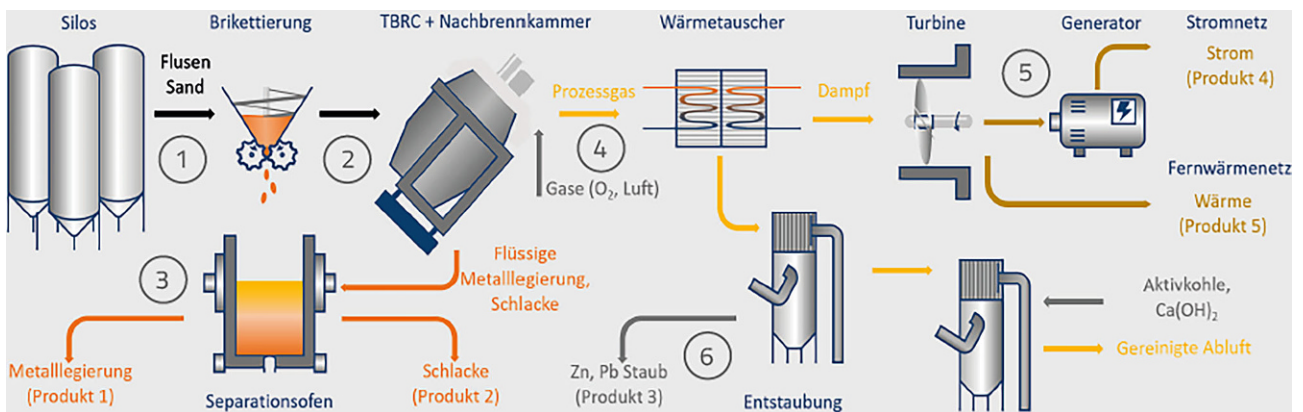


Abb. 1: Kernkomponenten der Thermischen Metallgewinnung

tallkupferlegierung und zur Qualitätssteuerung der Legierung bzw. der Schlacke (Punkt 3).

- Dem aktuellen Stand der Technik entsprechende Abgasreinigung (BVT für Abfallverbrennung, 2019) (Punkt 4).
- Turbine zur Stromerzeugung und Dampfübergabestation für die Nah- und Fernwärmenutzung (Punkt 5).
- Produktfilter zur Rückgewinnung von Zink- und Blei-angereicherten Filterstaub (Punkt 6).

Die geplante Thermische Metallgewinnung wurde auf eine Jahrestonnage von 100.000 t und eine Produktion im Durchlaufbetrieb ausgelegt.

Der Fokus der TMG liegt auf feinkörnigen, feinst verwachsenen und geringmetallhaltigen voraufbereiteten Abfällen:

- Flusen und Feinfraktion (Sand) aus den Rückständen der SRA-Anlage
- Elektro- und Elektronikschrottrückstände
- und andere

Durch die Zugabe von Additiven kann auf die Prozessführung und die Qualität der erzeugten Produkte direkt Einfluss genommen werden.

Mit dieser Innovation der Abfallbehandlung können folgende Ziele erreicht werden:

- Technisch maximal mögliche Kupfer- und Edelmetall-Ausbeute in Form einer Metalllegierung (ca. 3000 t mit u. a. Cu, Sn, Ni, Ag, Au, Pd, Pt und Fe) aus den Rückständen, welche bisher deponiert bzw. in einer Abfallverbrennungsanlage entsorgt wurden.
- Produktion von ca. 30.000 t Schlacke, welche als Sekundärbaustoff oder mineralisches Bindemittel in der Bauindustrie eingesetzt werden kann.
- Gewinnung von ca. 5000 t Produktstaub (angereichert mit Zn und Pb-Oxiden) zur Verwendung in der Zink-Industrie.
- Nutzung der in den Rückständen enthaltenen Energie (36 MW) durch Verstromung (bis zu 9,5 MW) und Bereitstellung von Prozessdampf, Nah- bzw. Fernwärme (22 MW) für bestehende Anwendungen.

- Damit einhergehend: Absolute Reduktion der Entsorgungsmengen und somit Schonung von Verbrennungs- und Deponiekapazitäten. 99% Recyclingquote in der Gesamtwertschöpfungskette.

Das gegenständlich entwickelte pyrometallurgische Verfahren zur Metallrückgewinnung aus sehr spezifischen Tertiärabfällen aus der Abfallbehandlung stellt eine Neuentwicklung dar, welche das Potenzial hat, die Abfallwirtschaft zu revolutionieren.

Das positive Ergebnis der Umweltverträglichkeitsprüfung bestätigt die neue umweltfreundliche Technologie. Eine Studie der Montanuniversität Leoben führte darüber hinaus zum Ergebnis, dass es im Vergleich zum derzeitigen Stand der Technik durch die Thermische Metallgewinnung zu einer wesentlichen Reduktion der Umweltauswirkungen in allen betrachteten Kategorien kommt. Der Ressourcenverbrauch wird um >98% reduziert, ca. 90% Deponievolumen eingespart, die Versauerung unserer Gewässer wird um über 90% verringert und der Flächenverbrauch deutlich reduziert. Viel wichtiger noch ist die Tatsache, dass die Thermische Metallgewinnung das Treibhauspotential erheblich reduziert. Diese Technologie setzt damit neue Maßstäbe und ist weltweit richtungsweisend. Allein in Europa wäre ein Bedarf von weit über 100 Anlagen vorhanden.

In der großindustriellen Umsetzung dieser Anlage besteht noch ein hohes wirtschaftliches Restrisiko. Der Innovationskraft der Fa. Bernegger entsprechend wird die Anlage jedoch aktuell bereits errichtet und im 1. Quartal 2024 in Betrieb genommen werden.

2.3 Kunststoffsortieranlage

Die Europäische Union gibt für die nächsten Jahre klare Ziele für den Umgang mit Kunststoffabfällen vor. Österreich liegt bei Kunststoffverpackungen mit der aktuellen Recyclingquote von 25% über dem EU-Recyclingziel von 22,5%. Jedoch muss bereits im Jahr 2025 Recyclingquote von 50% erreicht werden, und bis zum Jahr 2030 sind sogar 55% vorgeschrieben. Bei Verpackungsabfällen führen unterschiedliche Erfassungssysteme (z. B. Hol- oder Bringsystem, Behälterart) und Einzugsgebiete (z. B. ländlich, städ-

tisch) zu unterschiedlich zusammengesetztem Inputmaterial. Dies wiederum stellt die Anlagen der Zukunft vor große technologische Herausforderungen.

Die geplante Sortieranlage im Rohstoffpark Enns ist die neueste ihrer Art, die konsequent zur Erreichung der ambitionierten Recyclingziele optimiert wurde. Als modernste Anlage in Europa wird sie ab der geplanten Fertigstellung im 1. Quartal 2024 einen wesentlichen Beitrag zur Zielerreichung 2025 und 2030 leisten.

Bis zu 100.000t Leichtverpackungen jährlich sollen mit bis zu 90% Sortiertiefe aufbereitet werden – möglich macht das ein neues besonders ausgefeiltes Sortierkonzept.

Die maximale Kapazität der Anlage von 100.000t „Gelber Sack-Materialien“ oder Leichtverpackungsabfällen aus der Gewerbesammlung entspricht dem Aufkommen von rund 4Mio. Einwohnern und damit rund 50% der österreichischen Bevölkerung.

Die zum Einsatz kommende Technik ermöglicht ein Separieren der Wertstoffe zur Erreichung der vorgegebenen Recyclingquote und in eine ökonomisch sowie ökologisch sinnvolle Anzahl an Materialien. Im neu konzipierten Prozess wird ein Ausbringen von über 90% erreicht. Der Materialmix wird mit Hilfe von Siebtrommeln, Windsichtern, Magnetscheider, Wirbelstromscheidern und sensorgestützten Sortierern Schritt für Schritt in folgende Materialarten getrennt:

- Kunststoffe (PP, PE, PS oder PET)
- Weißblech
- Aluminium
- Getränkekartons
- Pappe/Papier/Karton
- Folienfraktionen
- Mischkunststofffraktionen

Neben den oben angeführten Kunststoffarten wird das Inputmaterial nach weiteren Qualitätskriterien (z. B. Farbe, usw.) getrennt um ein optimiertes Recycling zu gewährleisten.

Die zu Ballen gepressten Output-Fraktionen treten am Ende der Anlage – materialabhängig – den Weg in eine werkstoffliche oder rohstoffliche/energetische Verwertung an.

Durch die Automatisierung der Lagerprozesse über den branchenüblichen Stand der Technik hinaus, können manuelle Tätigkeiten mittels Umschlaggeräten (Radlader und Stapler) reduziert werden. Jede Automatisierung erhöht zusätzlich die Geschwindigkeit und Genauigkeit des Materialstromes. Zusätzlich führt dies zu einer Reduzierung des Energieverbrauchs.

Zusätzlich zur modernen Sortier- und Logistiktechnik kommen auch in den Bereichen Prozessüberwachung und Qualitätsdatenanalyse des Stoffstroms neueste internationale Technologien zum Einsatz, die bereits seit dem Jahr 2020 in Sortieranlagen getestet werden.

2.4 Gesamtprojekt

Der Standort der Fa. Bernegger GmbH im Industriegebiet Ennshafen besteht – in einem kleineren Flächenausmaß als heute – bereits seit 2004. Er wurde sukzessive genehmigungsrechtlich und hinsichtlich der Errichtung von Infrastruktureinrichtungen und Anlagen ergänzt und erweitert. Das Werk Enns umfasst aktuell Flächen von gewidmeten Industrie- und Betriebsbaugebiet im Ausmaß von ca. 20 ha, welche sich allesamt im Eigentum der Fa. Bernegger befinden.

Das Werk Enns wurde planungstechnisch bis 2019 mit den hier beschriebenen sieben Abfallbehandlungs- und Rohstoffverwertungsanlagen neu konzipiert. Aufgrund der Eigenschaften der im Rohstoffpark behandelten Abfälle u. a. als gefährlich gem. AWG und der in den Anlagen verarbeiteten Mengen (bis zu 1 Mio. Tonnen pro Jahr) musste das Genehmigungsverfahren in Form einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP-Verfahren) abgewickelt werden. Mit Entscheidung des BVwG vom 21. Dezember 2021 ist der positive Genehmigungsbescheid vom 26. Mai 2020 bestätigt worden und in Rechtskraft erwachsen.

Das Gesamtprojekt des Rohstoffpark Enns beinhaltet dabei, neben den oben ausführlich dargestellten, noch folgende vier weitere Abfallbehandlungsanlagen:

- Thermische Verwertungsanlage: Drehrohröfen zur Verbrennung von bis zu 80.000t/a nicht verwertbaren Rückständen (nicht gefährliche und gefährliche Abfälle) bei sehr hohen Temperaturen, um sämtliche Schadstoffe zu zerstören. Rückgewinnung der dabei freiwerdenden Energie.
- Recyclinganlage zur Behandlung von mineralischen Abfällen, primär aus dem Bauwesen, mit dem Ziel der Herstellung von Recyclingbaustoffen
- Bodenwaschanlage zur Rückgewinnung von Gesteinskörnungen aus (kontaminierten) Bodenaushubmaterial, mittels einer mehrstufigen Nassaufbereitung
- Konditionierungs-/Betonmischanlage: Erzeugung von hochwertigem Transportbeton und Stabilisierung von (gefährlichen) Abfällen – etwa Rückstände aus thermischen Anlagen – vor einer Deponierung.

Bereits bei der Auswahl der am Standort zur Anwendung kommenden Verfahren und Anlagen war unter anderem die Nutzung von weitreichenden Synergieeffekten maßgebend. So liefert die Recycling- und Bodenwaschanlage, mit minimalen Transportaufwand, mineralische Sekundärrohstoffe für die im Rohstoffpark betriebene Beton- sowie Asphaltmischanlage. Die gleiche Maxime kommt bei der Rückgewinnung und Weiterverarbeitung der Metalle und Kunststoffe zur Anwendung. Durch die beiden thermischen Anlagen wird diesem Ziel in zweierlei Hinsicht genüge getan. Einerseits können Materialien mit Schadstoffen und Kontaminationen, die für ein Recycling aus dem Kreislauf ausgeschleust werden müssen, direkt am Standort behandelt werden. Andererseits gelingt es dadurch, nicht nur den Rohstoffpark Enns im Hinblick auf die Versorgung mit Strom und Wärme energieautark zu betreiben, son-

dern die Region mit nachhaltiger Energie aus Abwärme zu versorgen.

Der Rohstoffpark Enns bietet eine ideale Lage im Zentralraum Oberösterreichs, im Herzen Mitteleuropas. Er ist verkehrstechnisch hochrangig und trimodal angebunden: Rhein-Main-Donau-Wasserstraße, eigener Bahnanschluss bis ins Werksgelände und nahegelegener Autobahnanschluss. Diese optimale Anbindung ermöglicht die Umsetzung von völlig neuen Green Logistics Ansätzen für die Versorgung des Standorts. Sowohl regional als auch auf europäischer Ebene fungiert der Rohstoffpark als wichtiger Verkehrsknotenpunkt für Transporte auf Wasser, Schiene und Straße.

Das Werk Enns ist bereits mit einer bestens ausgestatteten Infrastruktur aufgeschlossen. So finden sich am Standort u. a. ein 110 KV Hochspannungsnetz, eine Erdgasleitung, Wasserver- und -entsorgungseinrichtungen, eine werkseigene Abwasseraufbereitungsanlage und für den gesamten Standort eine hochwassersichere Auflandung. Die in den beiden thermischen Anlagen erzeugte Wärme wird über eine eigens errichtete Fernwärmeleitung in das bestehende Fernwärmenetz Enns der Fa. Kelag eingespeist.

Mit der Umsetzung der (neuen) im UVP-Verfahren genehmigten Anlagen wurde 2021 begonnen. Sukzessive sollen diese Recyclinganlagen um weitere ergänzt werden

und somit die sich am Standort ergebenden Synergien von Energie, Wertstoffen und Abfallentsorgung optimal genutzt werden.

Funding. Open access funding provided by Montanuniversität Leoben.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Hinweis des Verlags. Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.