

# Bergbau und Nachhaltigkeit – ein Zielkonflikt?

Prof. Dr. Peter Goerke-Mallet, Prof. Dr. Christian Melchers, Prof. Dr. Tobias Rudolph, Bochum\*

Die Befriedigung des Rohstoff- und Energiebedarfs der Bevölkerung, des produzierenden Gewerbes und der Industrie ist ohne den Bergbau und die Energiewirtschaft nicht möglich. Damit verbunden sind Einflüsse auf das Umfeld der Bergwerke und Produktionsanlagen, die sich räumlich und zeitlich nicht immer begrenzen lassen. Es stellt sich vor diesem Hintergrund die Frage, ob der Bergbau im eigentlichen Sinn nachhaltig entwickelt, geführt und beendet werden kann. Eine schlüssige Antwort auf diese Frage dient in jedem Fall dazu, die öffentliche Akzeptanz des Bergbaus zu verbessern.

Im Kern bedeutet „Nachhaltigkeit“ die gleichwertige Berücksichtigung sozialer, ökologischer und ökonomischer Aspekte bei der Planung und Realisierung von Vorhaben<sup>[1]</sup>. Die Vereinten Nationen haben im Jahr 2015 im Rahmen der Agenda 2030 Ziele einer nachhaltigen Entwicklung (englisch: Sustainable Development Goals – SDG)<sup>[7, 8]</sup> definiert und damit der Dynamik Rechnung getragen, die mit der zunehmenden Weltbevölkerung, der Globalisierung und der Bekämpfung des Klimawandels verbunden ist<sup>[2]</sup>. Diese Ziele dürfen von der Rohstoffbranche nicht unbeachtet bleiben. Vielmehr muss bei der Bereitstellung von Georessourcen im strengen Sinn nachhaltiger vorgegangen werden. Dazu bedarf es – lediglich – der Schaffung von Transparenz und der Kommunikation mit allen Betroffenen.

Dieser Beitrag beschreibt die im bergbaulichen Lebenszyklus vorhandenen Handlungsfelder für nachhaltige bergbauliche Prozesse und setzt sich mit den Folgen der Kreislaufwirtschaft sowie den jüngsten rechtlichen Entwicklungen zur Transparenz der Lieferketten für den Bergbau auseinander. Die Realisierung bergbaulicher Vorhaben wird zukünftig wesentlich von der Positionierung der Beteiligten hinsichtlich Transparenz, Verbindlichkeit, Partizipation und Kommunikation beeinflusst. Nach Auffassung der Autoren wird Bergbau benötigt und es müssen Wege aufgezeigt werden, wie die Bereitstellung von Georessourcen vorgenommen werden kann. Im Hinblick auf den im Titel dieses Beitrages hingewiesenen Zielkonflikt sollte die Bedeutung des Bergbaus für die Umsetzung der in der Agenda 2030 formulier-

ten 17 SDG in einem neuen Narrativ, einer neuen „story“ für den Bergbau zum Ausdruck kommen. Allerdings muss die Rohstoffbranche den aktiven Nachweis führen, dass sie Teil der Lösung ist. Dazu bedarf es eines transparenten und umfassenden Chancen-Risiken-Managements, eines auf angepassten und umfassenden Monitoringdaten beruhenden Prozessverständnisses und einer Einbeziehung aller Betroffenen und Stakeholder.

## Aktuelle Herausforderungen

Die Agenda 2030 wurde von den 193 Mitgliedsstaaten der Vereinten Nationen mit dem Ziel verabschiedet, grundlegende Veränderungen für nachhaltige Entwicklungen weltweit zu initiieren<sup>[2]</sup>. Dabei geht es vor dem Hintergrund der Klimaveränderungen im Kern um die Bekämpfung von Armut, einen globalen Umweltschutz, bessere Sozialstandards sowie klima- und umweltverträgliches Wirtschaften.

Eine grundlegende Definition für nachhaltige Entwicklungen nahm im Jahr 1987 die Weltkommission für Umwelt und Entwicklung, auch Brundtland-Kommission genannt, vor<sup>[3]</sup>: „Nachhaltig ist eine Entwicklung, die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen.“

In der Phase der Vorbereitung des Gipfeltreffens der Vereinten Nationen im Jahr 2015 in New York wurde ein Dokument mit dem Titel „Transformation unserer Welt: Die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung“ erarbeitet<sup>[2]</sup>. In der Präambel werden unter fünf Oberbegriffen – den 5 P – die Themenbereiche der Agenda definiert: People – Planet – Prosperity – Peace – Partnership. Damit wird das Ziel der Agenda deutlich: im Rahmen von Frieden und Partnerschaften sollen nachhaltige Entwicklungen umgesetzt werden, die in einer ausgewogenen Verfolgung ökonomischer, ökologischer und gesellschaftlicher Ziele bestehen. Diese fünf Kernbotschaften sind unmittelbar mit Elementen des bergbaulichen Lebenszyklus zu verbinden. Die im Zentrum des bergbaulichen Prozesses stehende Lagerstätte ist Teil unseres Planeten. Ihre Nutzung erfolgt durch Men-

schen für Menschen und ist insofern auf ein beiderseitiges Wohlergehen ausgerichtet. Die (zumindest) temporären Eingriffe des Bergbaus in die Umwelt und die Belastungen für die betroffenen Menschen sind nur in einer partnerschaftlichen und friedlichen Atmosphäre in geordneten Bahnen zu halten. Im weitesten Sinne wird dieser Aspekt auch durch den bekannten Satz „Bergbau ist nicht eines Mannes Sache“ plakativ zum Ausdruck gebracht.

Gestützt wird diese Betrachtungsweise durch die Ergebnisse der von der Unternehmensberatung EY veröffentlichten Umfrage bei großen internationalen Bergbaugesellschaften<sup>[4]</sup>. Demnach wird seit einigen Jahren der Verlust der „license to operate“ – der Betreiberverantwortung – als eines der größten unternehmerischen Risiken betrachtet. Die Lizenz zum Betrieb von Bergwerken hat für Unternehmen sowohl eine rechtliche als auch eine gesellschaftliche Komponente. Ohne die Zustimmung der Akteure – gemeint sind damit alle Interessenvertreter und die Betroffenen – ist der Betrieb von Bergwerken praktisch nicht möglich. Allen Bergleuten ist aber auch die Haltung der Konsumenten und Endverbraucher bewusst, denen die Vorteile des Bergbaus oft verborgen bleiben. Den Ausspruch „Der Strom kommt aus der Steckdose“ ist hinlänglich bekannt.

Tatsächlich hat sich bereits *Georg Agricola* in seinem grundlegenden Handbuch des Bergund Hüttenwesens „De re metallica“ mit der gesellschaftlichen Betreiberverantwortung, der „social license to operate“ auseinandergesetzt<sup>[5]</sup>. Insbesondere im ersten Buch mit der Überschrift „Vom berg- und hüttenmännischen Beruf und seinem Nutzen“ befasst er sich mit den Argumenten der bergbaukritischen Öffentlichkeit. Seine Analyse der bergbauinduzierten Schäden in der Umwelt und des Nutzens bergbaulicher Aktivitäten für die Öffentlichkeit kann als Ansatz eines Risikomanagements verstanden werden. Als Universalgelehrter hat er den Bergbau, seine Besonderheiten und seine Auswirkungen beobachtet, interpretiert und kommuniziert. Das Forschungszentrum Nachbergbau (FZN) der Technischen Hochschule Georg Agricola (THGA) sieht sich der Tradition des Namensgebers der Hoch-

\* Prof. Dr.-Ing. Peter Goerke-Mallet  
Forschungszentrum Nachbergbau  
Technische Hochschule Georg Agricola  
Herner Str. 45  
44784 Bochum  
Tel.: 0234/9683289  
E-Mail: Peter.Goerke-Mallet@thga.de  
Internet: www.thga.de

Prof. Dr. rer. nat. Christian Melchers  
Tel.: 0234/9683210  
E-Mail: Christian.Melchers@thga.de

Prof. Dr. rer. nat. Tobias Rudolph  
Tel.: 0234/9683682  
E-Mail: Tobias.rudolph@thga.de

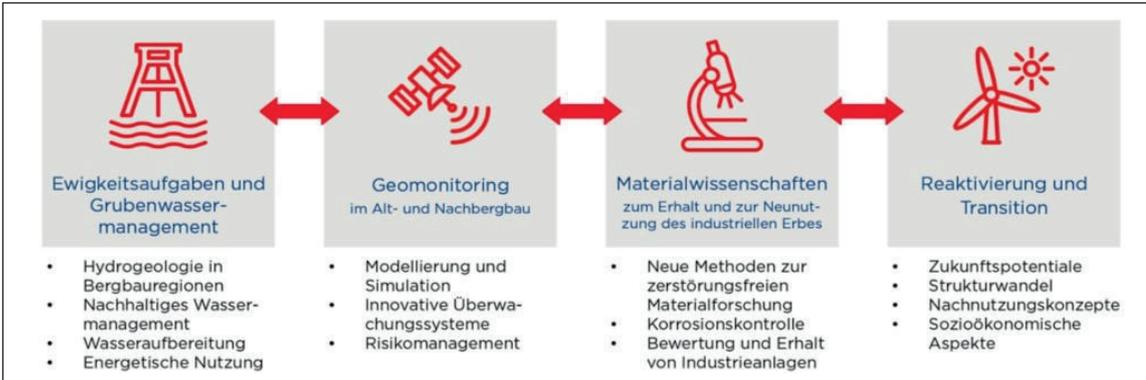


Bild 1: Forschungsschwerpunkte im FZN

schule verpflichtet<sup>[6]</sup>. Dies betrifft insbesondere die ganzheitliche Sichtweise auf den Bergbau und seinen Lebenszyklus, die sich in den vier Forschungsschwerpunkten des FZN abbildet (Bild 1).

Angesichts des Wachstums der Weltbevölkerung ist von einem steigenden Bedarf an Georessourcen auszugehen, dessen Mix sich bedingt durch den technologischen Fortschritt sowie durch gesellschaftliche Prozesse verändern wird. Um transparente Lieferketten, Wirkzusammenhänge und eine Umsetzung der zirkulären Wertschöpfung ermöglichen zu können, ist eine breite gesellschaftliche Diskussion über die Notwendigkeit und Sinnhaftigkeit bergbaulicher Vorhaben erforderlich. Das Ziel muss darin bestehen, für den gesamten bergbaulichen Lebenszyklus und seine maßgeblichen Prozesse Transparenz zu schaffen und Verständnis im Rahmen einer umfassenden Kommunikation mit allen relevanten Interessengruppen aufzubauen. An diesem Punkt stellt sich die Frage nach der Verbindung zwischen der Nutzung von Lagerstätten (Georessourcen) und dem Begriff der Nachhaltigkeit sowie einer nachhaltigen Praxis.

Die Befriedigung des Rohstoff- und Energiebedarfs der Bevölkerung, des produzierenden Gewerbes und der Industrie ist ohne den Bergbau und die Energiewirtschaft nicht möglich. Damit verbunden sind Einflüsse auf das Umfeld der Bergwerke und Produktionsanlagen, die sich

räumlich und zeitlich nicht immer begrenzen lassen. Es stellt sich vor diesem Hintergrund die Frage, ob der Bergbau im eigentlichen Sinne nachhaltig entwickelt, geführt und beendet werden kann. In Anbetracht der fundamentalen Definition des Begriffs der Nachhaltigkeit muss dies wohl verneint werden.

Die vorstehend formulierte Frage hat die Autoren jedoch dazu veranlasst, Antworten zu finden und Argumentationen zu entwickeln. Diese gehen von der Grundüberzeugung aus, dass auch bei der breiten Umsetzung der Prozesse der Kreislaufwirtschaft eine Versorgung der Volkswirtschaften mit bergbaulich gewonnenen Rohstoffen erforderlich bleiben wird. Insofern muss sich der Bergbau aktiv in die Diskussion über Nachhaltigkeit einbringen. Tatsächlich ist, wie bereits dargestellt, der Bergbau in das Streben nach der Umsetzung der Agenda 2030 intensiv eingebunden. Er muss sich am Transformationsprozess aktiv beteiligen, um seine Zukunftsfähigkeit laufend unter Beweis zu stellen. Diese Position wird auch gestützt durch die Forderung nach einer Erhöhung der Transparenz in den Lieferketten.

### Die Agenda 2030 und die 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung

Die Konkretisierung der 5 P erfolgt durch die 17 Ziele für nachhaltige Entwick-

lung, die SDG<sup>[7, 8]</sup>. In den Bildern 2 und 3 sind die 17 Ziele den 5 P zugeordnet und vollständig dargestellt). Die 17 SDG werden inhaltlich durch 169 Unterziele und Umsetzungsmittel näher beschrieben.

### Adressierung des Bergbaus durch die 17 SDG

Das Forschungszentrum Nachbergbau hat in den vergangenen Jahren ein Team aufgebaut, dessen Expertise auf der Verbindung von Wissenschaft und Praxis beruht. Eine Grundüberzeugung dieses Teams spiegelt die Aussage „Wir wollen Bergbau möglich machen“ wider. Hinsichtlich des praktischen Umgangs mit Georessourcen sind die Forschungsarbeiten des FZN darauf ausgerichtet, die Prozesse auf der Basis substantieller wissenschaftlicher Erkenntnisse in Einklang mit den Nachhaltigkeitszielen zu bringen. Im Fokus stehen dabei sowohl Hinterlassenschaften aus früherer Gewinnung von Georessourcen als auch aktuelle oder geplante Projekte zu deren Nutzung. Die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie hat die 17 globalen Nachhaltigkeitsziele (SDG) übernommen<sup>[7]</sup>. Die Kernbotschaften, die 5 P, weisen einen unmittelbaren Bezug zu bergbaulichen Lebenszyklen und zu wirtschaftlichen Fragestellungen im Umgang mit Georessourcen auf:

- **Planet** (Planet): Georessourcen sind Teil unseres Planeten. Ihre nachhaltige Nutzung muss im Einklang mit der Begren-

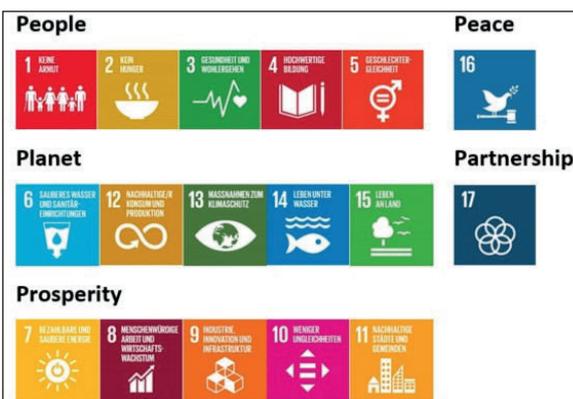


Bild 2: Die 5 P und die 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung



Bild 3: Die 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung – © Die Bundesregierung<sup>[7]</sup>

zung des Klimawandels erfolgen. Als wesentliche Teile der natürlichen Lebensgrundlagen sind sie im Hinblick auf zukünftige Generationen sorgsam einzusetzen.

- **Mensch (People) & Wohlstand (Prosperity):** Die Verfügbarkeit nachhaltiger Georesourcen hat die Schaffung geordneter Lebensumstände, die weltweite Beseitigung von Ungleichheiten und die gerechte Gestaltung der Globalisierung zum Ziel.
- **Frieden (Peace) & Partnerschaft (Partnership):** Die Georesourcenwirtschaft kann nachhaltig nur auf der Grundlage einer globalen Solidarität und entsprechender Partnerschaften organisiert werden. Nur auf diese Weise lassen sich die Menschenrechte und ein friedliches Zusammenleben gewährleisten.

Dass bergbauliche Prozesse und die nachhaltige Nutzung von Georesourcen alle 17 SDG adressiert, lässt sich vor diesem Hintergrund unmittelbar nachvollziehen. Der Bergbau steht mit allen Zielen in einer direkten Verbindung und schafft eine Grundlage für ihre Realisierung. Diese Feststellungen sind mit konkreten Aspekten zu belegen, um ein modernisiertes Selbstverständnis des Bergbaus zu entwickeln. Um ein Wort des heutigen Sprachgebrauchs zu nutzen: es geht um ein neues Narrativ, eine neue glaubwürdige und verbindliche „story“.

In einem Poster der „Geological Society“ mit dem Titel „Geowissenschaften für die Zukunft“ sind die SDG sehr anschaulich einzelnen Disziplinen und Herausforderungen zugeordnet<sup>[9]</sup>. Bild 4 vermittelt einen Eindruck vom Informationsgehalt des Posters.

**Die 17 SDG** lassen sich bezüglich ihrer Zielrichtung in drei Gruppen zusammenfassen<sup>[10]</sup>, die

- sozioökonomische Aspekte,
- Umweltaspekte sowie
- strukturelle Aspekte berücksichtigen.

SDG mit sozioökonomischen Aspekten sind insbesondere:	
1	keine Armut
2	kein Hunger
3	Gesundheit und Wohlergehen
4	hochwertige Bildung
5	Geschlechtergerechtigkeit
8	menschenwürdige Arbeit, Wirtschaftswachstum
10	weniger Ungleichheiten

Der deutsche Bergbau hat für diese Ziele vielfältige Lösungen geschaffen und Antworten gefunden. Im Hinblick auf den globalen Bergbau kann davon aber keinesfalls die Rede sein. Und auch national

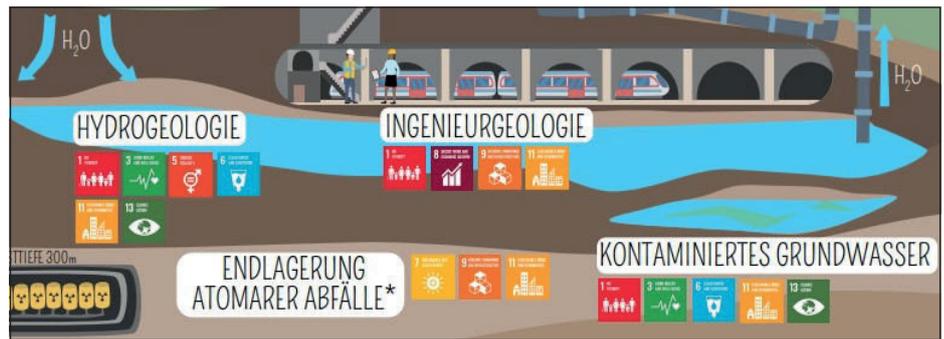


Bild 4: Geowissenschaften für die Zukunft (Ausschnitt) nach<sup>[9]</sup>

stellen die sozioökonomischen Ziele im Fall der Beendigung von Gewinnungsprozessen und der Stilllegung bergbaulicher Betriebe erhebliche Herausforderungen dar. So geht es im Rahmen von Reaktivierung und Transition darum, qualifizierte Arbeitsplätze zu schaffen, die Abwanderung von Fachkräften zu begrenzen, Umweltbelastungen zu reduzieren und gesellschaftliche Ungleichheiten durch belastbare Perspektiven für die betroffenen Regionen abzubauen.

SDG mit Umweltaspekten sind insbesondere:	
6	sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen
7	bezahlbare und saubere Energie
13	Maßnahmen zum Klimaschutz
14	Leben unter Wasser
15	Leben an Land

Diese Ziele zu verfolgen, gelingt im Rahmen einer intensiven Zusammenarbeit von Bergleuten, Rohstoff- und Umweltexperten. Gefragt ist technisches Fachwissen ebenso wie Knowhow im Umwelt- und Geomonitoring, in der hydrogeologischen Interpretation von Prozessdaten und in der Beseitigung von Verunreinigungen in Wasserkörpern. Regenerative Energien auf (ehemaligen) Bergbauflächen zu produzieren, Extremwetterereignisse abzumildern, Ökosysteme zu schützen und die Sicherheit der Tagesoberfläche und der Umwelt zu gewährleisten sind Aktivitäten, die bei der Bereitstellung von Georesourcen im Blick gehalten und umgesetzt werden können.

Bergbau ist als Teil der Urproduktion mit allen Sektoren des öffentlichen und priva-

SDG mit strukturellen Aspekten sind insbesondere:	
9	Industrie, Innovation und Infrastruktur
11	nachhaltige Städte und Gemeinden
12	nachhaltiger Konsum und Produktion
16	Frieden, Gerechtigkeit und starke Institutionen
17	Partnerschaft zur Erreichung der Ziele

ten Lebens, dem Gewerbe und der Industrie verbunden. Die in Ziel 17 formulierte Partnerschaft ist daher seit langem Bestandteil der unternehmerischen Praxis. Zukünftig muss die Zusammenarbeit unter Einbeziehung der Wissenschaft intensiviert werden, um eine transparente Gestaltung von Veränderungsprozessen und eine faktenbasierte verbindliche Kommunikation zu erreichen. Der Ausgleich von Interessen setzt friedliche Debatten, belastbare rechtliche Rahmenbedingungen und unabhängige Institutionen und Behörden voraus. Es ist alternativlos, Partizipation zu stärken, Verständnis zu fördern und Transparenz zu schaffen.

## Die fundamentalen Aspekte der Nachhaltigkeit

Die Aufteilung der 17 Ziele auf die drei Gruppen dient ebenso wie die Zuordnung zu den 5 P einer leichteren Zugänglichkeit und unterstützt die Umsetzung. Im Hinblick auf die Chancen und Risiken sowie die Herausforderungen des bergbaulichen Lebenszyklus offenbart sich eine erhebliche Bandbreite an Handlungsoptionen. Zur Entwicklung eines Narratives für den Bergbau sollen zusätzlich die drei fundamentalen Gesichtspunkte eines nachhaltigen Prozesses – also Ökologie, Soziales und Ökonomie – in den Blick genommen werden. Im Sinne einer Synthese ergeben sich folgende Gedankenansätze:

### Ökologie

Während des gesamten Lebenszyklus eines Bergwerkes, also von der Exploration über die Produktionsphase bis zur Stilllegung und Verwahrung, sind vielfältige Auswirkungen auf Boden, Wasser und Luft zu konstatieren. Das Treibhausgas Methan, welches in Stein- und Braunkohlen, Erdöl und Erdgas vorkommt, wird freigesetzt. Halden und industrielle Absetzbecken nehmen Land in Anspruch und können zu Stoffeinträgen in Grund- und Oberflächenwasser führen. Anlagen an der Tagesoberfläche bewirken eine Bodenversiegelung. Die Gewinnung von Georesourcen im Untergrund oder an der Tagesober-

fläche greift außerdem in den natürlichen Grundwasserhaushalt ein bzw. kann zu einer permanenten Veränderung von Wasserkörpern führen. Diese Einwirkungen enden nicht mit der Einstellung des Abbaus, sondern beeinflussen auch die Nachbergbauphase in erheblichem Ausmaß. Hier stellt sich u. a. die Frage, wie nachhaltige Prozesse im Zuge der Verwahrung und Restrukturierung bergbaulicher Anlagen organisiert werden können, wenn Ewigkeitsaufgaben in Rede stehen. In diesem Kontext ist insbesondere die Ressource Wasser von Bedeutung.

Durch ein angepasstes Monitoringprogramm wird in Verbindung mit einem Risikomanagement das Verständnis der sich vollziehenden Prozesse permanent verbessert. Damit erhöht sich auch die Sicherheit von Prognosen und es entwickelt sich eine Wissensbasis, die für die verbindliche, verlässliche und vertrauensvolle Kommunikation mit den Akteuren/Stakeholdern, also auch den Betroffenen, unerlässlich ist<sup>[11]</sup>.

### Soziales

Eine nachhaltige Nutzung von Georesourcen ist eine wichtige Voraussetzung für die Akzeptanz der zukünftigen Gewinnung, auch in Deutschland. Transparenz und Kommunikation zu den ökologischen, sozialen und ökonomischen Effekten sowie eine breite Zustimmung in der Öffentlichkeit sind die zentralen Voraussetzungen für die „social licence to operate“, also der gesellschaftlichen Akzeptanz. Dies trifft auch auf die Nachbergbauphase zu, denn ein erfolgreicher Strukturwandel nach der Beendigung des Bergbaus benötigt die Akzeptanz der umzusetzenden Maßnahmen.

Bergbauliche Prozesse weisen häufig eine enorme raumzeitliche Dynamik auf, die der Öffentlichkeit nur durch eine ganzheitliche Herangehensweise zu vermitteln ist. Mit anderen Worten, die Kommunikation muss für alle Aspekte des bergbaulichen Lebenszyklus nachvollziehbare, klare und glaubwürdige Argumentationen finden. Dazu gehört auch der sehr frühzeitige Blick auf Fragestellungen der Transition und der Reaktivierung bergbaulich genutzter Areale. Ein erfolgreicher Strukturwandel kann nur unter intensiver Einbindung aller Akteure und der Bewertung der sozioökologischen und -ökonomischen Rahmenbedingungen gelingen.

Seit einigen Jahren ist der Begriff der „just transition“ (deutsch: gerechter Übergang) in der politischen Diskussion. Es geht dabei um die Unterstützung von Menschen und Regionen, die in die Decarbonisierung der Wirtschaft einbezogen sind, also um eine soziale Gerechtigkeit in der Energiewende. Die EU-Kommission hat zu



Bild 5: Nachhaltigkeitsziele für die Entwicklung der THGA

diesem Zweck den „Just Transition Fund“ geschaffen<sup>[12]</sup>. In NRW werden u. a. Kommunen im Ruhrgebiet beim „Übergang zu einer klimaneutralen und nachhaltigen Wirtschaft“ mit Mitteln aus diesem Fonds gefördert<sup>[13]</sup>.

### Ökonomie

Den Autoren ist die besondere Komplexität bergbaulicher Prozesse bewusst. Zentrale Aspekte sind ihre Standortgebundenheit an den Ort der Lagerstätte und die Frage der rechtlichen Verfügbarkeit. Das bergbauliche Risiko dokumentiert sich in unsicheren Prognosen bezüglich der Beschaffenheit, der Bonität der Lagerstätte und der Langfristigkeit des Lebenszyklus. Hier ist auch auf die letztlich kaum vorhandene Flexibilität eines Wirtschaftszweiges in der Urproduktion zu verweisen. Diese Ausführungen ließen sich beliebig fortsetzen. Festzuhalten ist, dass die genannten Risiken einer angemessenen Absicherung bedürfen. Ob diese ausschließlich in ökonomischen Dimensionen zu betrachten ist oder ob es weitere Anreize für die Aufnahme bergbaulicher Tätigkeiten gibt oder in Zukunft geben könnte, sollte im Rahmen gesellschaftspolitischer Diskussionen erörtert werden. Erscheint der Versuch, die lokale Überwindung des Sankt-Florians-Prinzips (nimby attitude) im Hinblick auf gesamtgesellschaftlich relevante Rohstoffprojekte zu unternehmen, zu ambitioniert? Eine Debatte über die notwendigen Voraussetzungen soll durch diesen Beitrag unterstützt werden.

### Die Rolle der Hochschulen und Universitäten

Über die Betrachtung der drei zentralen Aspekte hinaus ist im Übrigen festzuhal-

ten, das bergbauliche Prozesse nur nachhaltig gestaltet werden können, wenn die verantwortlichen Personen über eine qualifizierte Ausbildung verfügen. Insofern ist das bewährte System der engen Verknüpfung von Forschung und Lehre fortzuschreiben. Dies betrifft auch den permanenten Austausch zwischen Praxis und Wissenschaft auf der Basis der national wie international bestehenden Plattformen. Dazu gehören die berufsständischen Organisationen ebenso wie Fachgremien und Normungsinstitutionen. Die Technische Hochschule Georg Agricola verfolgt insofern mehrere Ziele. In Ergänzung der Zusammenarbeit in nationalen wie internationalen Netzwerken wird die Hochschule als solche zu einer nachhaltigen Institution entwickelt (Bild 5).

Der Wissenschaft kommt im Rahmen der Transformation die Aufgabe zu, an der

Weiterentwicklung der Informationsbasis für die Öffentlichkeit und der Gestaltung der Narrative für die Bergbau-Unternehmen mitzuwirken. Dazu gehört auch, Vor-Ort-Projekte aufzugreifen und ihre Bedeutung im gesamtgesellschaftlichen Kontext darzustellen.

Aus Sicht der unternehmerischen Praxis mag man zu dem Schluss kommen, dass dem Nachhaltigkeitsparadigma bisher noch kein großer Erfolg beschieden war. Angesichts der nationalen wie globalen Herausforderungen, denen wir uns bei der Bereitstellung von Georesourcen zu stellen haben, bilden die Ziele einer nachhaltigen Entwicklung eine belastbare und vertrauensbildende Basis. Sie zu nutzen, setzt erhebliche Anstrengungen aller Beteiligten – der Unternehmen, der Behörden, der Wissenschaft und der Politik – voraus. Aus der Verknüpfung der Themen „Nachhaltigkeit“, „Erhöhung der Transparenz in den

Lieferketten“ und der „Kreislaufwirtschaft“ resultieren erhebliche Chancen für die Rohstoffbranche, die nicht ungenutzt bleiben sollten.

## Transparenz der Lieferketten

Seit geraumer Zeit arbeiten verschiedenste Organisationen in unterschiedlichen Bereichen an der Schaffung von Transparenz für Lieferketten. So wurde anlässlich der Fußballweltmeisterschaft 2006 von Nichtregierungsorganisationen (NGOs) die Forderung nach Einsatz fair gehandelter Fußbälle erhoben. Tatsächlich sind mit der Schaffung von Transparenz nicht nur Chancen, sondern auch Risiken sowohl für die betroffenen Unternehmen als auch deren Kunden verbunden. Diese betreffen möglicherweise erhöhte Kosten und das Wissen um eine Verantwortung, die zuvor keine besondere Rolle gespielt hat und über die wenig nachgedacht wurde.

Die Sorgfaltspflichten von Unternehmen in Deutschland werden für die gesamte Lieferkette, also vom Rohstoff bis zum Endprodukt, durch das sogenannte Lieferkettengesetz – „Gesetz über die unternehmerischen Sorgfaltspflichten zur Vermeidung von Menschenrechtsverletzungen in Lieferketten“ (Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz, LkSG) – festgelegt<sup>[14]</sup>. Es tritt mit seinem wesentlichen Inhalt am 01.01.2023 in Kraft. Ziel des Gesetzes ist es, in den globalen Lieferketten den Schutz der Menschenrechte zu verbessern, was u. a. auch das Verbot von Kinder- und Zwangsarbeit einschließt<sup>[15]</sup>. Mit Datum vom 23.02.2022 hat die Europäische Kommission den Entwurf eines EU-Lieferkettengesetzes vorgelegt, das die Sorgfaltspflichten von Unternehmen um die Aspekte der Nachhaltigkeit erweitert<sup>[16, 17]</sup>. Dieser Entwurf geht über die für Deutschland vorgesehenen Regelungen hinaus. Wann das Gesetzgebungsverfahren auf EU-Ebene abgeschlossen ist und die Umsetzung in nationales Recht erfolgt sein wird, ist nicht zu prognostizieren.

Die Betroffenheit des Bergbaus dokumentiert sich in der Zielsetzung des Entwurfs. Die Europäische Kommission bemüht sich um eine gerechte und nachhaltige Wirtschaft und legt dazu „Unternehmensregeln für (die) Achtung der Menschenrechte und der Umwelt in globalen Wertschöpfungsketten“ fest<sup>[17]</sup>.

Die Anstrengungen auf nationaler wie auch auf der europäischen Ebene hinsichtlich der Schaffung von Transparenz in den Lieferketten markieren einen Paradigmenwechsel<sup>[18]</sup>. So beklagen NGOs schon lange, dass der Rohstoffabbau viel zu häufig Probleme hinterlässt, die von den Betroffenen allein nicht gelöst werden können, und fordern eine Reform der deutschen Rohstoffstrategie und -politik. Tatsächlich kann

Rohstoffreichtum zum Fluch geraten, wie die Verletzung von Menschenrechten und die Verschmutzung der Umwelt im Umfeld von Anlagen der Rohstoffgewinnung zeigen<sup>[19]</sup>.

Mit der Abkehr von freiwilliger Corporate Social Responsibility und der Hinwendung zu verbindlichen Vorgaben werden Sorgfaltspflichten und umweltbezogene Pflichten festgeschrieben und behördliche Durchsetzungen geregelt. Fehlentwicklungen entlang der Lieferketten soll auf diese Weise entgegengewirkt werden. Diese Bemühungen werden auf der EU-Ebene durch die am 01.01.2021 in Kraft getretene „Konfliktmineralien-Verordnung“ unterstützt. Für die Importeure von Zinn, Tantal, Wolfram und Gold gelten damit spezifische Sorgfalts- und Prüfpflichten entlang der Lieferkette<sup>[20]</sup>. Hier ist auch auf den „Europäischen Grünen Deal“ zu verweisen, der u. a. auf ressourceneffiziente Maßnahmen und eine Verbesserung der Partizipation der Bevölkerung und der Regionen ausgerichtet ist<sup>[21]</sup>.

Das gesellschaftliche Bewusstsein für die Verfügbarkeit von Rohstoffen wird von den beschriebenen Aktivitäten und aktuell durch die Auswirkungen des Krieges in der Ukraine beeinflusst. Die breite Öffentlichkeit setzt sich nur bedingt mit dem eigenen Konsumverhalten und mit Fragen nach der Herkunft der Rohstoffe in den konsumierten Produkten auseinander. Auch in anderen Sektoren der Urproduktion ist eine erhebliche Entfremdung der Öffentlichkeit von den Rahmenbedingungen der Gewinnung und Verarbeitung von Rohstoffen festzustellen. Diese Haltung wird im Zusammenhang mit der Diskussion über die Energie- und Mobilitätswende besonders

deutlich. So findet eine breite Auseinandersetzung über die Verfügbarkeit der benötigten Rohstoffe bisher kaum statt. An dieser Stelle ist auf die Arbeit des „German Mining Network“ hinzuweisen, das aus acht vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie unterstützten Kompetenzzentren für Bergbau und Rohstoffe an Auslandshandelskammern in wichtigen Rohstoffnationen besteht<sup>[22]</sup>. Neben weiteren Institutionen ist die THGA Mitglied in diesem Netzwerk.

Die Schaffung von Transparenz sollte sich mit kommunikativen Anstrengungen verbinden. Auf diesem Weg kann in der Öffentlichkeit mehr Verständnis für nationale wie globale Herausforderungen der Rohstoffbranche erzeugt werden. In diesem Zusammenhang ist auf die Aktivitäten der EITI – Extractive Industries Transparency Initiative (Initiative für Transparenz in der Rohstoffwirtschaft) hinzuweisen<sup>[23]</sup>. Diese Transparenzinitiative wird aktuell von 56 Staaten getragen. Ihre Ziele bestehen darin, für die Prozesse entlang der gesamten Wertschöpfung von Rohstoffen Daten bereitzustellen, den Dialog über die Verwendung von Einnahmen aus dem Rohstoffsektor zu gestalten und einen Beitrag zur guten Regierungsführung zu leisten.

Mit der Umsetzung der internationalen Standards in den nationalen Rahmen hat die Bundesregierung bereits im Jahr 2015 gemeinsam mit Experten u. a. aus Wirtschaft und Verbänden Weichen für eine Erhöhung der Transparenz auch im heimischen Bergbau gestellt<sup>[24]</sup>. In seinem aktuellen Beitrag zum Thema „Rohstoffe“ stellt das BMWi ausdrücklich die Vorteile der heimischen Gewinnung von Rohstoffen heraus: sie ist ökologischer, sicherer (Ar-

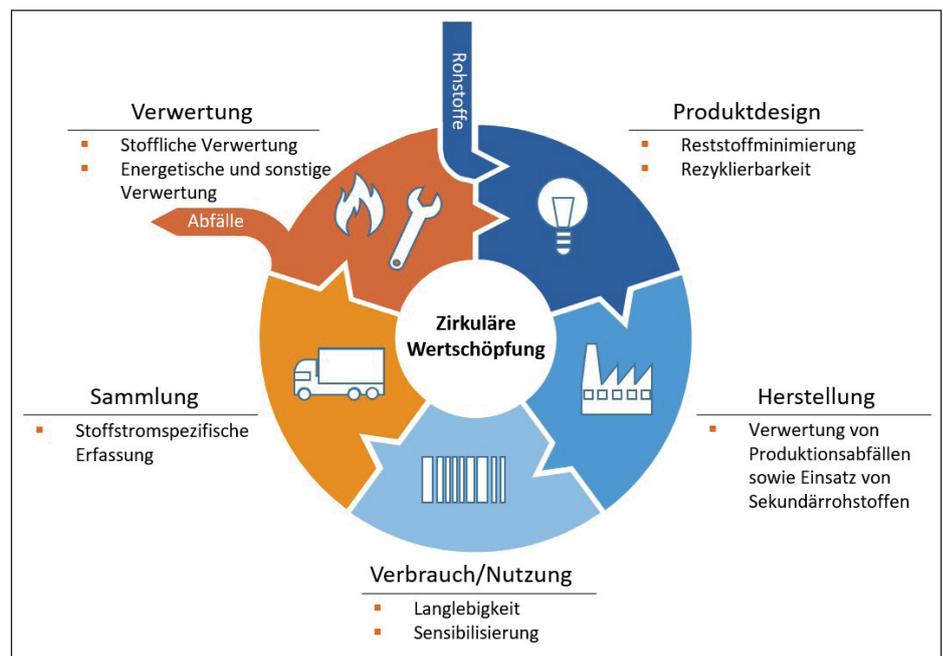


Bild 6: Zirkuläre Wertschöpfung<sup>[29]</sup>

beitsschutz) und partizipativer (lokale Arbeitsplätze)<sup>[25]</sup>. Erklärtes Ziel der Bundesregierung ist es, den nationalen Bergbau mit den 17 SDG in Einklang zu bringen und die gesamte Rohstoffbranche auf die Kreislaufwirtschaft abzustimmen<sup>[26]</sup>. Diese Position unterstützt ein Diskussionspapier der Fachgruppe Rohstoffe von „Scientists for Future“<sup>[27]</sup>. Darin wird im Hinblick auf kritische Rohstoffe die Stärkung des heimischen Bergbaus vorgeschlagen sowie ein verantwortlicher Bergbau (Responsible Mining) und die Förderung der Kreislaufwirtschaft thematisiert.

## Zirkuläre Wertschöpfung / Kreislaufwirtschaft

Das Konzept der „Zirkulären Wertschöpfung“ (englisch: Circular Economy) orientiert sich an geschlossenen Kreisläufen bei der Entwicklung, Fertigung, Nutzung, Wiederaufarbeitung und Entsorgung von Produkten<sup>[28]</sup>. Betrachtet werden der gesamte Lebenszyklus eines Produktes, dessen Wertschöpfungsprozess sowie dessen Nutzen für die Verbraucher. Im Gegensatz zum aktuellen „linearen“ Wirtschaftsmodell basiert das wirtschaftliche Wachstum in einer zirkulären Wirtschaft im Idealfall nicht auf dem Einsatz von Primärrohstoffen, schafft aber dennoch Raum für Innovationen und wirtschaftliche Entwicklung. Ein derartiges Wirtschaftssystem kann auch vor dem Hintergrund der 17 SDG als nachhaltig betrachtet werden. Der Prozess der „Zirkulären Wertschöpfung“ und seiner Elemente wird durch Bild 6 veranschaulicht.

Die Bedeutung des zirkulären Konzepts für den Bergbau und die Rohstoffwirtschaft ist offenkundig. Allerdings gilt es darauf hinzuweisen, dass primäre Rohstoffe auch innerhalb dieses Wirtschaftsmodells benötigt werden. Der Anteil der bergbaulich produzierten Rohstoffe dürfte von Produkt zu Produkt sehr unterschiedlich sein. Insofern ist die umfassende Beschreibung der Lebenszyklen der einzelnen Produkte unabdingbar. An dieser Stelle passt eine Abwandlung des bekannten Spruchs „Wenn man es nicht anbauen oder wiederverwenden kann, muss man es abbauen“.

Der Blick auf die Argumentationen der Skeptiker des Konzeptes der zirkulären Wertschöpfung offenbart aufschlussreiche Aspekte<sup>[30]</sup>. So lässt sich am Beispiel des Rohstoffes Sand zeigen, dass es u. a. bei dem Produkt Beton ganz wesentlich um den Bedarf an einem „frischen“ Zuschlagstoff geht. Auch geltende technisch-sicherheitsliche Regularien sind kaum abgestimmt auf den umfassenderen Einsatz recycelter Materialien, deren Qualitätseigenschaften unzureichend sind. Betrachtet man das

„Rohstoffvorkommen“ Elektroschrott, so ist festzustellen, dass die Konzentrationen bestimmter Elemente in natürlichen Lagerstätten deutlich grösser sind. Tatsächlich wird das Argument der Umweltverträglichkeit des Prozesses häufig als per se gegeben unterstellt, es fehlt aber an einem konkreten Nachweis. Im Hinblick auf den Export ist festzuhalten, dass damit auch ein Verlust an Rohstoffen verbunden ist.

Nicht zu vernachlässigen sind im Übrigen auch die Reaktionen der Konsumenten. Möglicherweise stellt die Sichtweise auf die technischen Aspekte der zirkulären Wertschöpfung den Blick auf den Menschen und dessen Wünsche und Anforderungen<sup>[30]</sup>. Die Strategie der zirkulären Wertschöpfung muss als konsequente Reaktion auf die Formulierung der Nachhaltigkeitsziele gewertet werden. Der hiermit verbundene Transformationsprozess ist insbesondere auch wegen des ganzheitlichen Charakters der Kreislaufwirtschaft herausfordernd. Damit ist auch für dieses Konzept das faktenbasierte Denken in Chancen und Risiken, die beständige Beobachtung der ablaufenden Prozesse und die Schaffung von Transparenz durch Kommunikation mit allen Akteuren entscheidend.

## Ausblick

Eine Weltbevölkerung von fast 8 Mrd. Menschen und deren Recht auf menschenwürdige Lebensumstände bedeuten für die Nutzung von Georessourcen enorme Herausforderungen. Der Klimawandel, die Energie- und Mobilitätswende sowie die Digitalisierung werden den Rohstoffmix in seiner Zusammensetzung und seinem Umfang verändern. Die Bereitstellung dieser Ressourcen muss sich an den in der Agenda 2030 der Vereinten Nationen formulierten Zielen der nachhaltigen Entwicklung orientieren. Anderenfalls würde sich die heute vorhandene Entfremdung der Konsumenten vom Bergbau als wesentlichem Element der Urproduktion weiter verstärken. Dem damit verbundenen Verlust der „social license to operate“ muss im Interesse der Finanzier- und Durchführbarkeit bergbaulicher Projekte unter allen Umständen wirksam begegnet werden.

Der Schlüssel für die Rohstoffbranche findet sich in der aktiven Befassung mit den Handlungsfeldern zur Umsetzung der 17 Ziele der nachhaltigen Entwicklung, die vielfältige Aspekte des Bergbaus adressieren. Das Chancen-Risiken-Potential bergbaulicher Projekte muss dazu über den gesamten Lebenszyklus gehandhabt, durch angepasste Geomonitoring-Programme begleitet und durch eine verbindliche Kommunikation mit den Stakeholdern transparent gemacht werden.

Die verstärkte Berücksichtigung von Nachhaltigkeit dokumentiert sich auch in der Schaffung von Transparenz der Lieferketten für verschiedenste Rohstoffe und Produkte sowie in der Gestaltung von Prozessen zur zirkulären Wertschöpfung. Die mit der Bereitstellung von Georessourcen befassten Unternehmen und Institutionen werden sich in diese Entwicklungen einbringen müssen. Dazu bedarf es der Entwicklung eines Narratives für den Bergbau, das dessen aktives Bemühen um Nachhaltigkeit, Transparenz und Kommunikation überzeugend zum Ausdruck bringt. Die Positionierung der Unternehmen würde zukünftig neben der Verantwortung für die Shareholder auch die für die Stakeholder umfassen. Der Bergbau könnte damit die Rolle eines Anbieters von Rohstoffen übernehmen, auf die die Welt bei der Bewältigung globaler Aufgaben zählen kann.

## Zusammenfassung

Bergbau zu betreiben war noch nie unumstritten. Schon *Georg Agricola* beschreibt im ersten Band seines Werks „De Re Metallica“ Konflikte mit Betroffenen. Im Bemühen um gesellschaftliche Akzeptanz hat der Bergbau immer wieder zu Recht darauf hingewiesen, dass Rohstoffe in allen Lebensbereichen unabdingbar notwendig sind und täglich benötigt werden. Diese Botschaften haben beim breiten Publikum aber selten wirklich verfangen. Es ist an der Zeit, ein neues Narrativ für den Bergbau und die Rohstoffwirtschaft zu entwickeln. Dafür gibt es konkrete Anlässe: die Agenda 2030 der Vereinten Nationen konkretisiert mit den 17 Zielen der nachhaltigen Entwicklung den globalen Handlungsrahmen, durch das Lieferketten-Gesetz werden zunehmend globale Ungleichheiten offenbar und last but not least verfolgen die Bemühungen um eine Kreislaufwirtschaft die Verbesserung der Ressourceneffizienz. Die genannten Entwicklungen kann und darf der Bergbau weder national noch international ignorieren. Er muss vielmehr seinen Handlungsrahmen neu definieren, beschreiben und kommunizieren.

Für die aktive Auseinandersetzung mit diesen Herausforderungen gibt es erhebliche Möglichkeiten, die im vorliegenden Beitrag exemplarisch dargestellt werden. Bergbau wird ohne Zweifel benötigt, aber es ist auch mehr Transparenz und Partizipation erforderlich. Damit ist selbstredend auch ein Bewusstseinswandel in der Öffentlichkeit verbunden, denn Bergbau wird betrieben, weil die Konsumenten einen Bedarf an Rohstoffen haben.

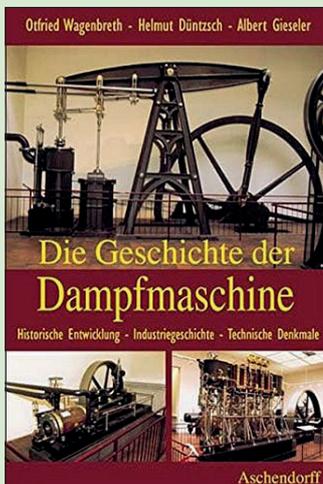
Die Herangehensweise an das Thema „Bergbau und Nachhaltigkeit“ beginnt mit dem Bewusstsein, dass nachhaltige Ent-

wicklungen die gleichwertige Berücksichtigung sozialer, ökologischer und ökonomischer Aspekte verfolgen. Diese Aspekte werden vom Chancen-Risiken-Management adressiert, durch ein umfassendes Geo-Monitoring beobachtet und verifiziert und transparent und verbindlich mit allen Stakeholdern und Betroffenen kommuniziert.

## Quellenverzeichnis/Erläuterung:

- [1] Goerke-Mallet, P., Melchers, C. (2022): Der bergbauliche Lebenszyklus und die Agenda 2030 der Vereinten Nationen – eine Nachhaltigkeitsanalyse. Mining Report Glückauf 158 (1), 59-71; <https://doi.org/10.48771/a8cx-dr76>.
- [2] Martens, J., Obenland, W. (2017): Die Agenda 2030. Globale Zukunftsziele für nachhaltige Entwicklung. [https://www.globalpolicy.org/sites/default/files/Agenda\\_2030\\_online.pdf](https://www.globalpolicy.org/sites/default/files/Agenda_2030_online.pdf); zuletzt aufgerufen am 14.03.2022.
- [3] Lexikon der Nachhaltigkeit. Brundtland Bericht, 1987. [https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/brundtland\\_report\\_563.htm](https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/brundtland_report_563.htm); zuletzt aufgerufen am 10.03.2022.
- [4] Ernest & Young (EY) (2020): Top 10 business risks and opportunities – 2020. [https://www.ey.com/en\\_gl/mining-metals/10-business-risks-facing-mining-and-metals](https://www.ey.com/en_gl/mining-metals/10-business-risks-facing-mining-and-metals); zuletzt aufgerufen am 26.03.2022.
- [5] Georg Agricola: Vom Berg- und Hüttenwesen. 610 S., Deutscher Taschenbuch Verlag, München, 1977.
- [6] Goerke-Mallet, P., Rudolph, T., Brune, J. F., Kretschmann, J. (2020): Die Bedeutung der „Social Licence to Operate“ für den bergbaulichen Lebenszyklus. In: Mining Report Glückauf 156 (4), 323-332.
- [7] Die Bundesregierung (2021): Nachhaltigkeitsziele verständlich erklärt. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/nachhaltigkeitsziele-verstaendlich-erklart-232174> und <https://sdgs.un.org/goals>; zuletzt aufgerufen am 11.03.2022.
- [8] Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung BMZ: Agenda 2030. Die globalen Ziele für nachhaltige Entwicklung. <https://www.bmz.de/de/agenda-2030>; zuletzt aufgerufen am 10.03.2022.
- [9] The Geological Society: Geowissenschaften für die Zukunft. <https://www.geolsoc.org.uk/~media/shared/documents/education%20and%20careers/Resources/Posters/geoscience%20for%20the%20future%20GERMAN.pdf?la=en>; zuletzt aufgerufen am 26.03.2022.
- [10] Brune, J., Goerke-Mallet, P., Smith, N., Kretschmann, J. (2022): The postcoalt transition in Germany and the United Nations sustainability goals. Mining engineering. April 2022. S. 18-25 (im Druck).
- [11] Rudolph, T., Goerke-Mallet, P. (2021): Steigerung der gesellschaftlichen Akzeptanz im Management von Tailings-Storage-Facilities (TSF). GeoResources Zeitschrift 3/2021, S. 35-40. <https://www.georesources.net/index.php/journal-zeitschrift/deutsche-zeitschrift/georesources-zeitschrift-3-2021>.
- [12] Europäische Kommission (2020): Der Mechanismus für einen gerechten Übergang: niemand darf zurückgelassen werden. [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/finance-and-green-deal/just-transition-mechanism\\_de#finanzierung](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/finance-and-green-deal/just-transition-mechanism_de#finanzierung); zuletzt aufgerufen am 26.03.2022.
- [13] Die Landesregierung Nordrhein-Westfalen (2021): EU-Förderung für neue Arbeitsplätze im Ruhrgebiet: Landesregierung beginnt Gespräche mit Bottrop, Dorsten, Gladbeck und Marl. <https://www.land.nrw/pressemitteilung/eu-foerderung-fuer-neue-arbeitsplaetze-im-ruhrgebiet-landesregierung-beginnt>; zuletzt aufgerufen am 26.03.2022.
- [14] Buzer.de Bundesrecht. <https://www.buzer.de/LkSG.htm>; zuletzt aufgerufen am 18.12.2021.
- [15] Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung BMZ (2021): Das Lieferkettengesetz ist da. <https://www.bmz.de/de/entwicklungs politik/lieferkettengesetz>; zuletzt aufgerufen am 19.02.2022.
- [16] Kümmerlein Rechtsanwälte & Notare (2022): Das sogenannte EU-Lieferkettengesetz. <https://www.kuemmerlein.de/aktuelles/einzelansicht/das-sogenannte-eu-lieferkettengesetz>; zuletzt aufgerufen am 26.03.2022.
- [17] Europäische Kommission (2022): Gerechte und nachhaltige Wirtschaft: Kommission legt Unternehmensregeln für Achtung der Menschenrechte und der Umwelt in globalen Wertschöpfungsketten fest. [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/ip\\_22\\_1145](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/ip_22_1145); zuletzt aufgerufen am 26.03.2022.
- [18] Initiative Lieferkettengesetz.de (2021): Was das neue Lieferkettengesetz liefert – und was nicht. [https://www.germanwatch.org/sites/default/files/Initiative-Lieferkettengesetz\\_Analyse\\_Was-das-neue-Gesetz-liefert\\_0.pdf](https://www.germanwatch.org/sites/default/files/Initiative-Lieferkettengesetz_Analyse_Was-das-neue-Gesetz-liefert_0.pdf); zuletzt aufgerufen am 26.03.2022.
- [19] Extractive Industries Transparency Initiative EITI (2021): Was nützt (D)EITI? Die Transparenzinitiative über Rohstoffabbau in Deutschland auf dem Prüfstand. <https://www.forumue.de/was-nuetzt-d-eiti-die-transparenzinitiative-ueber-rohstoffabbau-in-deutschland-auf-dem-pruefstand/>; zuletzt aufgerufen am 26.03.2022.
- [20] IHK Düsseldorf (2021) EU-Konfliktmineralien-Verordnung. <https://www.duesseldorf.ihk.de/aussenwirtschaft/aktuelles/eu-konfliktmineralien-verordnung-5078304>; zuletzt aufgerufen 10.03.2022.
- [21] Europäische Kommission. Umsetzung des europäischen Grünen Deals. [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal\\_de](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_de) und [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en); zuletzt aufgerufen am 26.03.2022.
- [22] German Mining Network. Internationale Bergbau- und Rohstoffkompetenz für deutsche Unternehmen. <https://germanmining.net/>; zuletzt aufgerufen am 20.03.2022.
- [23] Extractive Industries Transparency Initiative EITI (2021): The global standard for the good governance of oil, gas, and mineral resources. <https://eiti.org/>; zuletzt aufgerufen 18.03.2022.
- [24] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz BMWi (2021): Transparenz in der rohstoffgewinnenden Industrie. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/gewinnung-heimischer-rohstoffe-transparenz-06.html>; zuletzt aufgerufen am 26.03.2022.
- [25] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2021): Rohstoffe. Bergbau, Recycling, Ressourceneffizienz – wichtig für Wohlstand und Arbeitsplätze. [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/rohstoffe-bergbau-recycling-ressourceneffizienz.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=18](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/rohstoffe-bergbau-recycling-ressourceneffizienz.pdf?__blob=publicationFile&v=18); zuletzt aufgerufen am 26.03.2022.
- [26] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2019): Rohstoffstrategie der Bundesregierung – Sicherung einer nachhaltigen Rohstoffversorgung Deutschlands mit nichtenergetischen mineralischen Rohstoffen. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/rohstoffstrategie-bundesregierung.html>; zuletzt aufgerufen am 26.03.2022.
- [27] Ganswind, F., Neumann, M., Diedel, R., Engelbrecht, H., Junge, M., Masurenko, C. (2021): Positionen zu einer nachhaltigen Rohstoffstrategie Deutschlands. Diskussionspapier der Fachgruppe Rohstoffe von Scientists for Future (S4F). 4 S., doi:10.5281/zenodo.5768187.
- [28] Prosperkolleg (2021): Was ist zirkuläre Wertschöpfung. <https://prospekoll.de/was-ist-zirkulaere-wertschoepfung/>; zuletzt aufgerufen am 26.03.2022.
- [29] Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW: Perspektive auf die Wertschöpfungskette / Zirkuläre Wertschöpfung. <http://www.zirkulaere-wertschoepfung-nrw.de/Zirkul%C3%A4re-Wertsch%C3%B6pfung/Perspektive-auf-die-Wertsch%C3%B6pfungskette/> und <https://www.europarl.europa.eu/committees/de/circular-economy-action-plan-/product-details/20201106CDDT04441>; zuletzt aufgerufen am 26.03.2022.
- [30] Jörn Loviscach (2020): Zirkuläre Wertschöpfung: Wo knirscht es. <https://www.youtube.com/watch?v=yrtTi0N2RdQ>; zuletzt aufgerufen am 26.03.2022.

## Buchbesprechung



## Die Geschichte der Dampfmaschine Historische Entwicklung, Industriegeschichte, technische Denkmale

Die Kolbendampfmaschine war nicht nur eine der folgenreichsten Erfindungen der Menschheit, sie war der Motor des Industriezeitalters. Heute ist fast in Vergessenheit geraten, welchen Einfluss Dampfmaschinen auf die technische Entwicklung des 19. und 20. Jahrhunderts nahmen. Dabei geht es nicht allein um Eisenbahnen und Dampfschiffe,

sondern auch um den Einsatz in allen Bereichen der industriellen Fertigung. Das Buch zeichnet die Entwicklung der Kolbendampfmaschine von den Anfängen bis zur Gegenwart nach. Nicht nur die technischen Merkmale werden, unterstützt durch zahlreiche eigens für das Werk angefertigte Zeichnungen und Schaubilder, anschaulich und ver-

ständig erklärt, sondern auch technik- und industrie-geschichtliche Zusammenhänge werden ausführlich erläutert. Dampfmaschinen gehören zwar längst der Geschichte an, haben aber doch nichts von ihrer Faszination verloren, die in diesem Buch auf den Leser überspringt. Illustriert ist das Werk mit über 230 Abbildungen und Fotos.

Verlag: Aschendorff Verlag GmbH Co.KG, Otfried Wagenbreth/Helmut Düntzsch/Albert Gieseler, Preis: 34,80 EUR, ISBN: 978-3-402-05264-8