GEORESOURCES
Zeitschrift

Fachzeitschrift für Ressourcen, Bergbau, Geotechnik, Tunnelbau und Equipment

SONDERDRUCK

Steigerung der gesellschaftlichen Akzeptanz im Management von Tailings-Storage-Facilities (TSF)

GeoResources Verlag ISSN | Online 2364-8430 • Print 2364-8422 www.georesources.net

Zum Titelbild

Das Titelbild zeigt eine thermografische Infratrotaufnahme des Campus der Technischen Hochschule Georg Agricola in Bochum. Die Aufnahme ist im Rahmen eines Drohnenflugs durch die Verrechnung mehrerer hundert Einzelbilder entstanden. Der dabei eingesetzte Sensor misst die radiometrische Strahlung, die mittels eines Modells in Temperaturwerte umgerechnet und anhand von GNSS-Koordinaten mit Echtzeit-Korrekturdaten zentimetergenau georeferenziert wird. Anschließend erfolgen die Evaluierung durch Vor-Ort-Temperaturmessungen, die Korrektur anhand von Luftfeuchtigkeit und Sonneneinstrahlung sowie die Verknüpfung mit optischen und multispektralen Bildern weiterer unbemannter Flugsysteme.

Thermografische Bilder erfüllen eine wesentliche Aufgabe im Umwelt- und Geomonitoring von Objekten (technischer Anlagen) und von Flächen (nachbergbaulicher Prozesse in Natur und Landschaft). Das Geomonitoring trägt mit seinen Ergebnissen zu einem vertieften Prozessverständnis bei. Es ist somit ein Werkzeug, das für die Verknüpfung aller Bereiche des Forschungszentrums Nachbergbau (FZN) eine besondere Bedeutung hat.

Die vier Forschungsschwerpunkte des FZN der THGA sind „**Ewigkeitsaufgaben und Grubenwassser-management**“, „**Geomonitoring**“, „**Materialwissenschaften**“ sowie „**Reaktivierung und Transition**“.

Technische Hochschule Georg Agricola (THGA): **www.thga.de**
Forschungszentrum Nachbergbau (FZN): **www.nachbergbau.org**

Technische Hochschule Georg Agricola
Forschungszentrum Nachbergbau

Quelle des Beitrags

Rudolph, T.; Goerke-Mallet, P. (2021): Steigerung der gesellschaftlichen Akzeptanz im Management von Tailings-Storage-Facilities (TSF). GeoResources Zeitschrift (3-2021), S. 35–40. Online: https://www.georesources.net/download/GeoResources-Zeitschrift-3-2021.pdf

Der Artikel ist dem Spezialthema „**Nachhaltigkeit, Klima und Umweltschutz**“ der Ausgabe GeoResources Zeitschrift 3-2021 zugeordnet.

Steigerung der gesellschaftlichen Akzeptanz im Management von Tailings-Storage-Facilities (TSF)

Prof. Dr. Tobias Rudolph und Prof. Dr. Peter Goerke-Mallet, Forschungszentrum Nachbergbau, Technische Hochschule Georg Agricola, Bochum, Deutschland

Die Sicherstellung der gesellschaftlichen Akzeptanz von Bergbauprojekten, insbesondere bei Absetzbecken für Tailings, ist eine große Herausforderung. Ein modernes Geomonitoring integriert Daten aus dem Orbit, aus der Luft, von der Oberfläche sowie unter Tage und schafft ein transparentes, raum- und zeitbezogenes Prozessverständnis. Damit ist Geomonitoring im gesamten Bergbaulebenszyklus ein wichtiges Werkzeug zum Risikomanagement und zur Kommunikation.

Bergbau • Geotechnik • Tailings • Betreiberverantwortung • Akzeptanz • Geomonitoring • Risikomanagement

Einleitung

Bergbau bedeutet Rohstoffgewinnung und Urproduktion und steht damit am Beginn von Wertschöpfungsketten. Angesichts des prognostizierten Wachstums der Weltbevölkerung von heute etwa 7,7 Mrd. auf etwa 10 Mrd. Menschen im Jahr 2050 ist von einem steigenden Rohstoffbedarf auszugehen [1]. Bedingt durch den technologischen Fortschritt und die gesellschaftlichen Veränderungen wird sich der Rohstoffmix aber in seiner Zusammensetzung verändern. Außerdem verliert der Rohstoffkonsument immer mehr den Bezug zum Bergbauzyklus (**Bild 1**), und das Verständnis über die technisch-naturwissenschaftlichen Prozesse sinkt.

Gleichzeitig findet bei Gesetzgebern und bei Nichtregierungsorganisationen im aktuellen gesellschaftlichen Wandel ein Umdenken hin zum Klima- und Erdsystemschutz statt [2]. Zudem wird in vielen Gesellschaften die Kreislaufwirtschaft eingeführt und gefördert. Die trotzdem aber immer noch notwendige Rohstoffgewinnung tritt somit in den Hintergrund [3, 4]. Auch die weiter fortschreitende Digitalisierung und die zunehmende gesellschaftliche Durchdringung mit modernen Kommunikationsmethoden u. a. Social-Media und die daraus resultierende Beschleunigung der Prozesse sind zu berücksichtigen.

Aufgrund der gedanklichen Entkoppelung von Rohstoffgewinnung und Konsumverhalten sowie der immer stärkeren Fokussierung auf Klima- und Umweltschutz nimmt unsere Gesellschaft zunehmend nur die negativen Auswirkungen des Bergbaus auf den Menschen und die Umwelt wahr und reagiert sehr emotional. Daher ist es für Bergbauunternehmen schwierig, faktenbasiert und nachhaltig zu kommunizieren und operative Entscheidungen für Handlungen transparent zu machen.

Ein weiteres Problem für die Kommunikation und Diskussion mit der Öffentlichkeit ist, dass sich die Nutzung einer Lagerstätte aufgrund ihrer natürlichen Rohstoffendlichkeit nicht unmittelbar mit dem Nachhaltigkeitsbegriff verbinden lässt. Dies gelingt allerdings unter Hinweis auf einen möglichst vollständigen Abbau der Lagerstätte und einen umweltverträglichen bergbaulichen Prozess. Die Verknüpfung der Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen mit bergbaulichen Aktivitäten stellt die Bergbauunternehmen tatsächlich vor erhebliche operative und kommunikative Herausforderungen.

Bild 1: Darstellung des Bergbaulebenszyklus

Für die Akzeptanz des Bergbaus mit seiner standortbezogenen und langfristigen Betriebsweise sowie seinem nennenswerten Bedarf an unterschiedlich qualifizierten Fachkräften ist aber eine offene und transparente gesellschaftliche Kommunikation unabdingbar. Damit diese gelingt, müssen Bergbaubetreiber ökonomische, ökologische und soziale Veränderungen berücksichtigen und darauf reagieren. Diese Ansätze verfolgt auch der „Science Policy Report" der Academia Brasileira de Ciencias und Leopoldina sowie weiterer Partner, die aufgrund jüngster Unfälle, insbesondere bei Tailings-Storage-Facilities (u. a. Brumadinho, Brasilien 2019), einen gemeinsamen Paradigmenwechsel auf Seiten der Gesetzgeber, der Bergbauunternehmen, der Wissenschaft und der Öffentlichkeit einfordern [5].

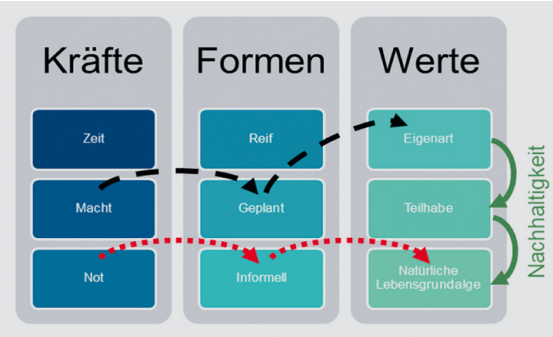

Bild 2: Schema dominierender Wechselwirkungen im Bergbau in Bezug auf Kräfte, Formen und Werte im Kontext der Nachhaltigkeit [nach 2]

Der Begriff „gesellschaftliche Betreiberverantwortung"

Ein verändertes gesellschaftliches Bewusstsein in Bezug auf den Bergbau führt zum Begriff der „gesellschaftlichen Betreiberverantwortung" (engl. social license to operate). Dieser Begriff entwickelte sich vor etwa zwei Jahrzehnten im Zuge der Diskussionen zur Nachhaltigkeit und spiegelt die Reputation eines Unternehmens und dessen gesellschaftliche Akzeptanz wider. Der Begriff ist aus einer inneren und äußeren Sichtweise zu definieren.

Tatsächlich hat sich bereits Georg Agricola in seinem grundlegenden Handbuch des Berg- und Hüttenwesens „De re metallica" mit der gesellschaftlichen Betreiberverantwortung auseinandergesetzt [6]. Insbesondere im ersten Buch mit der Überschrift „Vom berg- und hüttenmännischen Beruf und seinem Nutzen" befasst Agricola sich mit den Argumenten der bergbaukritischen Öffentlichkeit. Seine Analyse zu den bergbauinduzierten Schäden in der Umwelt und dem Nutzen, den bergbauliche Aktivitäten in der Gesellschaft stiften, kann als Ansatz zu einem Risikomanagement verstanden werden.

Die Betreiberverantwortung bedeutet für ein Bergbauunternehmen aus der inneren Sichtweise die technische und rechtliche Betriebslizenz im gesamten bergbaulichen Lebenszyklus. Diese „Lizenz" erwirbt das Unternehmen unter anderem auf der Basis von Genehmigungen, Umweltverträglichkeitsstudien, Geomonitoring-Konzepten und Risiko-Management-Systemen. Aus unternehmerischer Sicht führt die Sicherung und Stärkung der Betreiberverantwortung zu einem positiven Umfeld, in der die Strategie des Unternehmens und ihre Wertschöpfung umgesetzt werden können [7]. Gesellschaftlich akzeptierten Unternehmen gelingt häufig das Erreichen der Nachhaltigkeit. Sie setzen sich sehr proaktiv mit allen ökonomischen, ökologischen und sozialen Konsequenzen ihres Handels sowie der Glaubwürdigkeit des unternehmerischen Tuns auseinander [8].

In der äußeren Sichtweise der Öffentlichkeit und Interessensvertreter (engl. Stakeholder) geht es um die gesellschaftliche Betriebserlaubnis. Diese Sichtweise ist durch eine Vielzahl von Facetten gekennzeichnet, wie Verlässlichkeit, Werten, Vertrauen, Kommunikation, Netzwerkbildung, Transparenz und Aufbau von Verständnis bzw. Wissen.

Die beiden Sichtweisen auf den Begriff der Betreiberverantwortung lassen sich unter den Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit und der Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlage im Kontext von Kräften, Formen und Werten in zwei grundsätzlichen Prozesse für den Bergbau darstellen (**Bild 2**) [2]:

- **Prozess 1** (rote, gepunktete Linie im **Bild 2**)**:** Historisch betrachtet diente der einfache, frühe Bergbau der Linderung der existenziellen Not und dem Erhalt einer Lebensgrundlage.
- **Prozess 2** (schwarze, gestrichelte Linie im **Bild 2**)**:** In einem weiterentwickelten, industriell dominierten bergbaulichen Lebenszyklus wird von einer Machtposition und geplanten unternehmerischen Handlungsweisen der Bergbauunternehmen ausgegangen, die sich in bergbaulichen Eigenarten, wie Standortfaktoren, Unternehmensgeschichte und -strategie, manifestieren.

Erst durch die Einbindung moderner Konzepte zur gesellschaftlichen Betreiberverantwortung kommt es zur Teilhabe der Betroffenen. Dies führt zu einer Verbesserung der natürlichen Lebensgrundlage und bedeutet somit eine größere, gesellschaftliche Nachhaltigkeit (grüne Linie im **Bild 2**).

Die Frage der gesellschaftlichen Akzeptanz von Bergbauunternehmen setzt voraus, dass die Öffentlichkeit (z. B. Anwohner) und Interessenvertreter aus dem bergbaulichen Umfeld zunehmend stärker in Entscheidungen, die sie direkt betreffen, einbezogen werden [9]. Freiwillige Initiativen des Bergbaubetreibers jenseits der gesetzlich reglementierten Verantwortlichkeiten sind ein Schlüsselelement zum Erlangen der gesellschaftlichen Akzeptanz. Trotz eines hohen Bewusstseins für gesellschaftliche Akzeptanz in den Bergbauunternehmen besteht kein Konsens zu den einzusetzenden Mitteln und ihrer Wirksamkeit [9]. Der Erfolg der gesellschaftlichen Akzeptanz beruht somit ganz wesentlich auf dem Aufbau und der Pflege nachhaltiger Beziehungen zu den Interessenvertretern, also dem partizipativen Ansatz. Dieser Ansatz ist daher ein Kernelement der Kommunikation.

Die gesellschaftliche Betreiberverantwortung umfasst die Einbindung des Unternehmens in die umgebenden Strukturen [10]. Mittlerweile sind hieraus ein Managementwerkzeug bzw. eine Managementstrategie entstanden, die im Kern auf die Interessenvertreter und deren gesellschaftspolitische Strukturen abzielen. Letztlich benötigt jedes Unternehmen, das in seinem Umfeld gesellschaftliche Fragestellungen mit dem Faktor Mensch und/oder die Umwelt beeinflusst und von daher unter Beobachtung steht, eine derartige Strategie. Diese neuen Strategien ermöglichen, auch gestützt durch die Digitalisierung und die Methoden

von Industrie 4.0, neue Unternehmenskulturen. Daraus resultieren eine weitgehende Transparenz und ein nahezu unbeschränkter Zugang zu Informationen und eine unternehmensübergreifende Zusammenarbeit, welche sich sowohl als top-down- wie auch bottom-up-Methoden in der Konzernstruktur umsetzen lassen [11].

Die Diskussionen über die gesellschaftliche Akzeptanz von Unternehmen und ihre Handlungen werden zusätzlich auch unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit geführt [12]. Auch die Vereinten Nationen haben mit den 17 Zielen für eine nachhaltige Entwicklung der Welt (17 sustainable development goals, 17 SDGs) die Auseinandersetzungen über die nachhaltige Führung operativer Prozesse intensiviert und erweitert [13]. Aufgrund der ökonomischen Ethik müssen sich auch Bergbaubetreiber mit diesen Zielen auseinandersetzen und hierzu eine Diskussion mit der Öffentlichkeit, einzelnen Menschen und den Interessensvertretern führen [1, 14].

Bergbauliche Prozesse, wie Bau und Betrieb von Aufbereitungsanlagen und Absetzbecken, bewirken einen Eingriff in Natur und Landschaft und oftmals irreversible Veränderungen. So führt die Geological Society of London in der geowissenschaftlichen Interpretation der 17 Nachhaltigkeitsziele für den Bereich des Bergbaus und die Tailings-Storage-Facilities die folgenden Ziele an [15]:

1 Keine Armut
2 Kein Hunger
7 Bezahlbare und saubere Energie
8 Menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum
11 Nachhaltige Städte und Gemeinden
12 Nachhaltige/r Konsum und Produktion
13 Maßnahmen zum Klimaschutz

Da der Bergbau, wie bereits erwähnt, wegen des endlichen Volumens von Lagerstätten im strengen Sinne nicht nachhaltig sein kann, besteht daher ein Zielkonflikt beim 12. Nachhaltigkeitsziel. Dieser Zielkonflikt kann nicht auf der abstrakten Ebene, aber vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeitsziele, wie u. a. des 12., gelöst werden. So können in der Genehmigung, beispielsweise die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) von Bergbauaktivitäten und die Nachhaltigkeit von Anfang an berücksichtigt werden (**Bild 3**) [16]. Wichtig sind dabei die Einhaltung von Standards bei operativen, sicherheitstechnischen und kommunikativen Prozessen, die ständige Auseinandersetzung mit den Auswirkungen der Rohstoffgewinnung und die Begrenzung negativer Effekte. Darüber hinaus muss über eine Partizipation die regionale Bevölkerung in wirtschaftlicher und informeller Hinsicht eigebunden werden [5]. Hier können die Werkzeuge des integrierten Geomonitorings neue Möglichkeiten liefern.

Pateiro Fernandez spricht in diesem Zusammenhang von der Erarbeitung standortbezogener Ansätze für die Auslegung des Nachhaltigkeits-Paradigmas und meint damit die spezifische Reaktion auf vorgefundene Rahmenbedingungen [17]. Das Ziel sollte in der Minimierung negativer Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft bei gleichzeitiger Maximierung sozialer und ökonomischer Faktoren bestehen. Aus der Partizipation, die Bestandteil des Nachhaltigkeitsgedankens ist, erwächst somit die gesellschaftliche Akzeptanz für bergbauliche Maßnahmen.

Geomonitoring

Beim Geomonitoring handelt es sich um ein wichtiges, wissenschaftlich-technisches Werkzeug zur Überwachung des bergbaulichen Lebenszyklus. Um hierbei die beschriebene gesellschaftliche Akzeptanz zu erreichen und um dem Aspekt der Risikominimierung zu genügen, sind Aufbau und Umsetzung eines integrierten und kontinuierlichen Geomonitorings im Bergbau wichtig (**Bild 3**). Hierzu sind je nach Fragestellungen sehr unterschiedliche Methoden anzuwenden (**Bild 4**). Die Er-

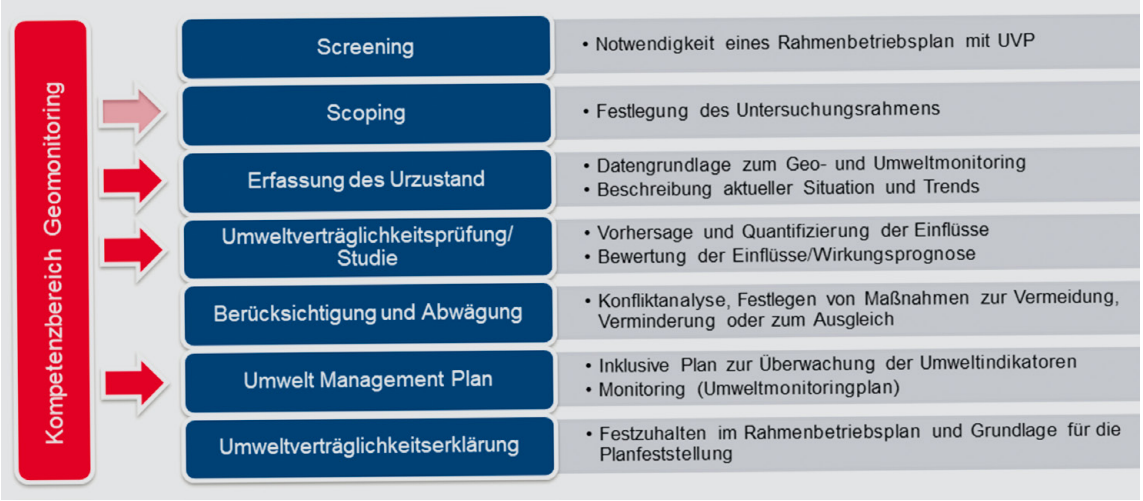

Bild 3: Prozessschritte einer Umweltverträglichkeitsprüfung mit den Schritten des Geomonitorings
(Direkte Beteiligung = roter Pfeil, indirekte Beteiligung = hellroter Pfeil)

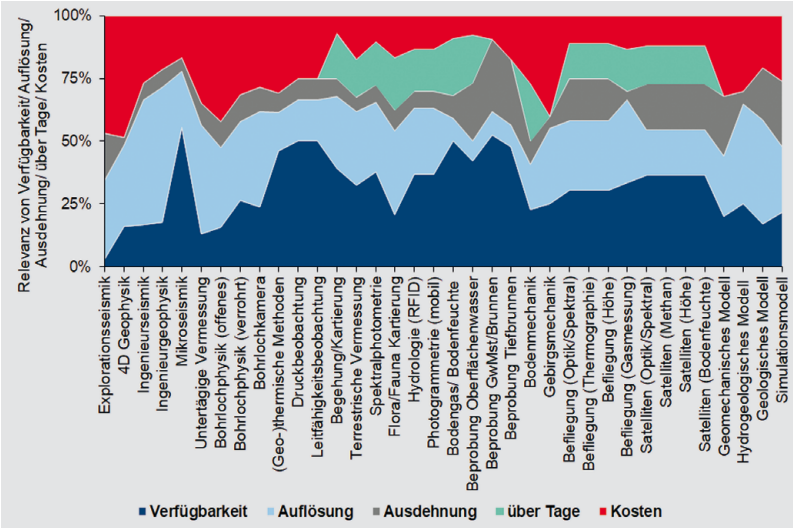

Bild 4: Darstellung des Umfangs und der Komplexität der verfügbaren Werkzeuge im Geomonitoring
(Fettdruck = Geomonitoring-Werkzeuge zum Monitoring von TSF)

gebnisse des Geomonitoring sind integral zu betrachten und auszuwerten [18].

Im Geomonitoring von Tailings-Storage-Facilities reicht es nicht aus, nur Daten aus der Erdbeobachtung, wie Sentinel-1 Daten des EU-Copernicus Programms zur Bodenbewegung zu nutzen, sondern es sind auch weitere Methoden, wie Befahrungen/Begehungen und Sensoren in situ einzubinden (Fettdruck im **Bild 4**).

Bei der Behandlung sicherheitsrelevanter Fragestellungen – um die es sich im bergbaulichen Lebenszyklus überwiegend handelt – kommt dem Risikomanagement eine zentrale Bedeutung zu. Um die Risiken beim Betrieb der Tailings-Storage-Facilities zuverlässig einschätzen und die Betriebsweise hierauf abstimmen zu können, bedarf es eines möglichst umfangreichen, mit 4D-Bezug ausgestatteten (Geo-)Daten-, Informations- und Wissensmanagementsystems. Dieses ist unmittelbar mit dem Geomonitoring des gesamten Bergbaustandorts und seines Umfelds verbunden [19].

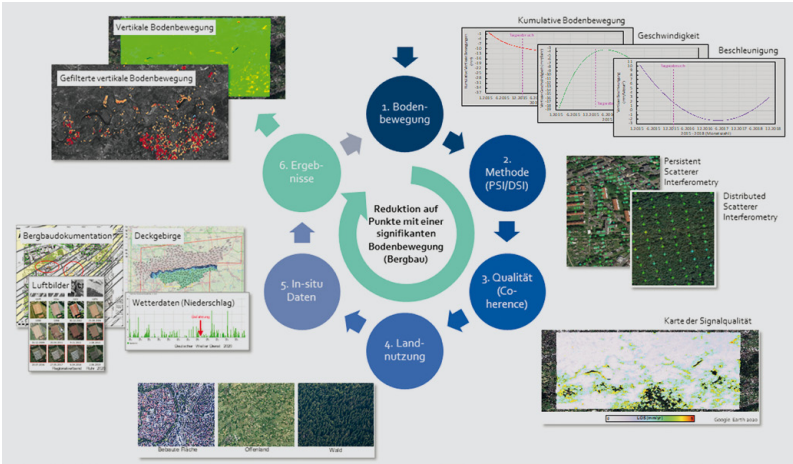

Bild 5: Lösungsorientierte Umsetzung der Radar-Fernerkundung mit Einbindung von Zusatzinformationen zur Detektion kleinräumiger Bodenbewegungen (Forschungsprojekt für das Ruhrgebiet)

Für den Betrieb von Tailings-Storage-Facilities können die Ergebnisse eines Forschungsvorhabens zur Detektion kleinräumiger Bodenbewegung im urbanen und nicht urbanen Raum genutzt werden (**Bild 5**). Hierbei wird die Radar-Fernerkundung zur Detektion von Bodenbewegungen mit einer Vielzahl raum-zeitlicher Zusatzinformationen verschnitten, um so eine signifikante, gefilterte Bodenbewegung zu identifizieren. Dieser digitale Arbeitsablauf, der durch Experten gesteuert und überwacht wird, ermöglicht die grundsätzlichen Maßnahmen des Geomonitoring mit den vielen regelmäßigen Befahrungen, Begehungen und Inspektionen auf ein anlassbezogenenes Maß zu reduzieren. Gleichzeitig können aufgrund der kompletten Integration zusätzlicher 4D-Datensätze (z. B. Wetterdaten) (**Bild 5**, Stufe 4 und Stufe 5) in der Zeitreihenanalyse der Radardaten frühzeitig Veränderungen erkannt und somit rechtzeitig Gegen-/Sicherungsmaßnahmen eingeleitet werden. Dies ermöglicht perspektivisch eine Schadensvermeidung und/oder -reduzierung.

So können mögliche Probleme in der Standortintegrität frühzeitig erkannt und ein Verständnis der wissenschaftlich-technischen Wirkzusammenhänge aufgebaut sowie durch Beobachtungen und Messungen validiert werden. Mit diesem Prozessverständnis kann das Bergbauunternehmen im folgenden Schritt intern und extern kommunizieren und die Öffentlichkeit und die Interessenvertreter von Anfang an in die Planungsüberlegungen einbeziehen [21]. Eine ganzheitliche Herangehensweise kann das Projektmanagement und die externe Projektkommunikation zunächst erschweren, sie wird aber eine belastbarere und anhaltende Akzeptanz für das Bergbauprojekt fördern.

Interpretation

Es kann nur von einem nachhaltigen bergbaulichen Prozess gesprochen werden, wenn die Nutzung der Lagerstätte mit den Zielen der Nachhaltigkeit einhergeht. Geomonitoring trägt zu einer weitgehenden Berücksichtigung der Nachhaltigkeitsziele bei gleichzeitiger Begrenzung des Einflusses der Rohstoffgewinnung auf ihr Umfeld bei (**Bild 6**). Durch die vollständige digitale Integration von Methoden aus der Luft (z. B. per Satellit, Befliegung und Drohne), an der Tagesoberfläche (z. B. Begehung und in-situ Sensoren) und im Untergrund (z. B. Bohrlochgeophysik und markscheiderische Vermessung) kann ein transparentes Prozessverständnis signifikanter Ereignisse in Raum und Zeit geschaffen werden. Das Prozessverständnis bildet die Grundlage für die Kommunikation und somit für die darauf aufbauende gesellschaftliche Betreiberverantwortung.

Die gesellschaftliche Akzeptanz für nachhaltige bergbauliche Projekte muss sich auf den gesamten bergbaulichen Lebenszyklus von der Idee bis zur Stilllegungsphase beziehen sowie die ökonomischen, ökologischen und gesellschaftlichen Aspekte gleichermaßen berücksichtigen. Eine Entwicklung kann nur dann

als nachhaltig bezeichnet werden, wenn das Handeln auf Fakten basiert und durch die Kommunikation mit allen Beteiligten hinreichend Transparenz erzeugt wird. In Anbetracht der spezifischen räumlichen und zeitlichen Rahmenbedingungen des Bergbaus und seiner dynamischen Betriebsweise ist die permanente Wahrung der Glaubwürdigkeit und der Verlässlichkeit gegenüber der Öffentlichkeit eine enorme Herausforderung. Einen Schlüssel zur Bewältigung dieser Herausforderungen liefert ein kontinuierliches Geomonitoring (**Bild 7**).

Fazit

Im bergbaulichen Lebenszyklus spielen die Bemühungen um die gesellschaftliche Betreiberverantwortung (engl.: social license to operate) eine übergeordnete Rolle und befinden sich im Blickfeld der Öffentlichkeit. Gleichzeitig führen die aktuellen technologischen Veränderungen in der Gesellschaft (u. a. Digitalisierung, starke und schnelle Verbreitung von sozialen Medien), aber auch der Wandel hin zu einer Kreislaufwirtschaft dazu, dass ein Umdenken stattfindet und die Akzeptanz sowie das technische Verständnis für den Bergbau zurückgeht. Daran ist meist ein höherer Bedarf an Informationen geknüpft. Um den schleichenden Verlust der Akzeptanz zu minimieren und sogar gegebenenfalls umzukehren, muss möglichst mit einem transparenten Projektmanagement einschließlich umfassender integrierter Maßnahmen im Bereich des Geomonitoring sowie einer zielgerichteten externen Projektkommunikation für Offenheit und die Möglichkeit zur Teilhabe gesorgt werden. Die verschiedenen technischen Werkzeuge des Geomonitoring bieten die Möglichkeit, der Öffentlichkeit Einblick in die bergbaulichen Maßnahmen zu geben. Außerdem bieten die Methoden des Risikomanagements die Chance, Veränderungen frühzeitig zu erkennen und Gegen-/Sicherungsmaßnahmen einzuleiten. Ein unmittelbar in den Bergbaulebenszyklus integriertes Geomonitoring stellt daher einen Schlüssel zur Aktivierung der gesellschaftlichen Betreiberverantwortung im Management von Tailings-Storage-Facilities dar.

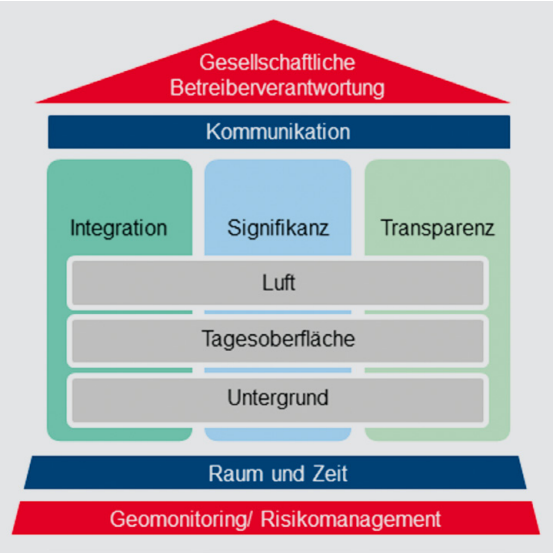

Bild 6: Geomonitoring als Grundlage der Kommunikation und der gesellschaftlichen Betreiberverantwortung

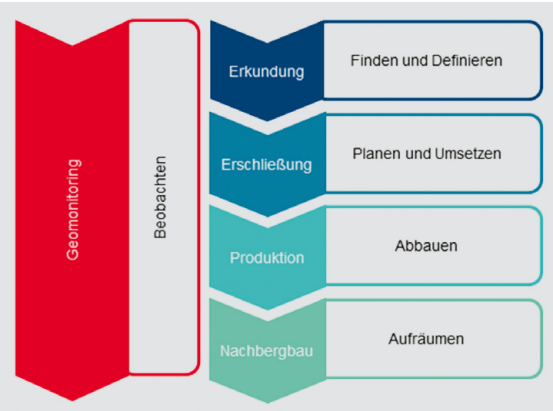

Bild 7: Geomonitoring im bergbaulichen Lebenszyklus

Danksagung

Die Autoren danken den Reviewerinnen und Reviewern, insbesondere Frau Brummermann, für die wertvolle Diskussion und das Feedback.

Literaturverzeichnis

[1] Wellmer, F.-W. (2020): Bergbau – Energie – Geologie, Nachhaltigkeit und Rohstoffgewinnung – ein Widerspruch?. Bergbau 6:2020: 10 S., 13 Abb., 4 Tab.

[2] Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) (2016): Der Umzug der Menschheit – Die transformative Kraft der Städte. Zusammenfassung. – 43 S., 2 Abb., 7 Tab.; Berlin: WBGU.

[3] Hiebel, M.; Bertling, J.; Nühlen, J.; Pflaum, H.; Somborn-Schulz, A.; Franke, M.; Reh, K.; Kroop, S.: Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT (Hrsg.) (2017): Studie zur Circular Economy im Hinblick auf die chemische Industrie. Studie im Auftrag des Verbands der Chemischen Industrie e. V., Landesverband NRW; 178 S., 46 Abb., 14 Tab.; Oberhausen: Frauenhofer UMSICHT. – URN: urn:nbn:de:0011-n-4769003.

[4] Müller, F.; Kohlmeyer, R.; Krüger, F.; Kosmol, J.; Krause, S.; Dorer, C.: Röhreich, M. (2020): Leitsätze einer Kreislaufwirtschaft. 34 S., 1 Abb.; Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

[5] Apaéstegui Campos, J.; Brandão, L.; Camargo de Azevedo, A.; Casanova, M.; Cord, A.; Gerner, N.; Giese, E. C.; Händel, F.; Jager, N.; Jessen, G. L.; Lepenies, R.; Maia Barbosa, P.; Marchezini, V.; Pujoni, D.; Salma, A.; Santos Sánchez, A.; Schierz, A.; Stemke, M.; Ussath, M.; Val, P.; Whaley-Martin, K.; Yoshie Yamamoto, F.; Zorzal-Almeida, S. (2019): A new vision of sustainable management in mining and post-mining landscapes.

30 S., 6 Abb.; Halle (Saale) u. a.: Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e. V., Nationale Akademie der Wissenschaften u. a. (Science Policy Report, October 2019).

[6] Agricola, G. (1556): De re metallica – Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen. Nachdruck der Erstausgabe, 2006, 564 S., VDI-Verlag, Wiesbaden

[7] Lin-Hi, N. (2018): Licence to operate. In: Gabler Wirtschaftslexikon. Revision von Licence to operate vom 19.02.2018 - 15:10.
Online: https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/licence-operate-51612/version-274773, Stand 4. Juni 2020

[8] Löhr, A. (2003): Interview: „Noch sind es nicht viele Firmen". Spektrum der Wissenschaft, 2003(12): 94. Online: https://www.spektrum.de/magazin/interview-noch-sind-es-nicht-viele-firmen/830326, Stand 4. Juni 2020

[9] Nelsen, J. L. (2007): Social license to operate: integration into mine planning and development. 127 S., 21 Abb., 5 Tab.; Master thesis, Vancouver, BC, University of British Columbia. Online: https://open.library.ubc.ca/cIRcle/collections/ubctheses/831/items/1.0081173, Stand 26. Juni 2020

[10] Black, L. (2013): The social license to operate – your management framework for complex times. 100. S.; Oxford: DoSustainability (DōShorts series).

[11] DGMK-Veranstaltung / Aufsuchung und Gewinnung vom 28.05.2020; DGMK Webinar: Digital Transformation – The people component. Online im Internet: https://dgmk.de/veranstaltungen/dgmk-webinar-digital-transformation-the-people-component/, Stand 15. Mai 2020

[12] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2017): Nachhaltige Entwicklung als Handlungsauftrag. Stand: 16.08.2017. Online: https://www.bmu.de/themen/nachhaltigkeit-digitalisierung/nachhaltigkeit/strategie-und-umsetzung/nachhaltige-entwicklung-als-handlungsauftrag, Stand 3. Juni 2020

[13] Engagement Global gGmbH (Hrsg.) (2019): [Siebzehn] Ziele für nachhaltige Entwicklung. Online: https://17ziele.de/, Stand 4. Juni 2020

[14] Kleiner, M. (2016): Die Bedeutung von Stakeholder-Dialogen aus Sicht der Interaktionsökonomik – illustriert am Beispiel eines Bergbau-Unternehmens. VIII + 184 S., 31 Abb.; Leipzig: HHL Leipzig Graduate School of Management. Zugl.: Diss., HHL Leipzig Graduate School of Management.
Online: https://slub.qucosa.de/api/qucosa%3A7816/attachment/ATT-0/, Stand 4. Juni 2020

[15] Geological Society (2021): Geoscience for the Future – Sustainable Development Goals.
Online: https://www.geolsoc.org.uk/~/media/shared/documents/education%20and%20careers/Resources/Posters/geoscience%20for%20the%20future%20GERMAN.pdf?la=en, Stand 20. Mai 2021

[16] Goerke-Mallet, P. (1999): Aufstellung eines Rahmenbetriebsplanes mit Umweltverträglichkeitsuntersuchung – eine Herausforderung an das Kommunikations- und Informationsmanagement. Das Markscheidewesen in der Rohstoff-, Energie- und Entsorgungswirtschaft, 42(18).

[17] Pateiro Fernandez, J. B. (2008): Nachhaltigkeit im Bergbau. Indikatoren und Beurteilungssystem. 263 S., 5 Abb., 95 Tab.; Diss., RWTH Aachen. Online: https://d-nb.info/990723992/34, Stand 26. Juni 2020.

[18] Rudolph, T.; Goerke-Mallet, P.; Melchers, C. (2020): Geomonitoring im Alt- und Nachbergbau. Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, 145(3): 168-173, 5 Abb.

[19] Goerke-Mallet, P.; Brune, J.; Möllerherm, S.; Kretschmann, J.; Rudolph, T.; Müterthies, A. (2020): Post mining analytics from space: an innovative approach to improve risk-management in mining. SME Annual Meeting, 23-26 Feb. 2020, Phoenix, AZ, Preprint 20-020, 3 S.

[20] Rudolph, T.; Goerke-Mallet, P.; Janzen, A.; Müterthies, A.; Pakzad, K.; Spreckels, V.; Teuwsen, S.; Vehling, L.: Yang, C.-H. (2020): Bergbaumonitoring im südlichen Ruhrgebiet. In: Tagungsband Geomonitoring 2020, S. 163-177.
DOI: https://doi.org/10.15488/9348

[21] Lerch, F. (2020): Erfolgreiche Realisierungsdialog für E&P-Projekte – ein Beispiel. Erdöl Erdgas Kohle, 136(6): 21-23, 2 Abb.

Prof. Dr.
Tobias Rudolph

Forschungzentrum Nachbergbau, Technische Hochschule Georg Agricola (THGA), Bochum, Deutschland

Kontakt:
tobias.rudolph@thga.de

Prof. Dr.
Peter Goerke-Mallet

Forschungzentrum Nachbergbau, Technische Hochschule Georg Agricola (THGA), Bochum, Deutschland

Kontakt:
peter.goerke-mallet@thga.de