



Sachstand

Anpassung des Bergbaus an den Klimawandel

Anpassung des Bergbaus an den Klimawandel

Aktenzeichen:

WD 8 - 3000 - 025/22

Abschluss der Arbeit:

19. April 2022

Fachbereich:

WD 8: Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit, Bildung und Forschung

Die Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages unterstützen die Mitglieder des Deutschen Bundestages bei ihrer mandatsbezogenen Tätigkeit. Ihre Arbeiten geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung. Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste geben nur den zum Zeitpunkt der Erstellung des Textes aktuellen Stand wieder und stellen eine individuelle Auftragsarbeit für einen Abgeordneten des Bundestages dar. Die Arbeiten können der Geheimschutzordnung des Bundestages unterliegende, geschützte oder andere nicht zur Veröffentlichung geeignete Informationen enthalten. Eine beabsichtigte Weitergabe oder Veröffentlichung ist vorab dem jeweiligen Fachbereich anzuzeigen und nur mit Angabe der Quelle zulässig. Der Fachbereich berät über die dabei zu berücksichtigenden Fragen.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
2.	Anpassung der Bergbaus an den Klimawandel: Beiträge aus dem internationalen Raum	4
3.	Anpassung der Bergbaus an den Klimawandel: Diskussionsbeiträge aus Deutschland	6
3.1.	Anpassungsmaßnahmen in Folge der Flutkatastrophe im Ahrtal	8
3.2.	Novellierung der Bergbaustrategie in Sachsen	8
4.	Literatur- und Quellenverzeichnis	9

1. Einleitung

Bei der Flutkatastrophe im Ahrtal im Juli 2021 wurden zwei Tagebaue geflutet, was weitreichende Folgen nach sich zog. Nachdem der Fluss Inde einen Deich in der Nähe des Braunkohletagebaus Inden bei Aachen überstieg, floss das Wasser in die Tagebaustätte. Auch eine Kiestagebaustätte bei Erftstadt-Blessem wurde überschwemmt. Das löste einen Erdrutsch aus, bei dem mehrere Gebäude weggerissen wurden. In diesem Fall ermittelt die Staatsanwaltschaft derzeit, da der Verdacht bestehe, die Überschwemmung könne durch einen fehlenden Hochwasserschutzwall und zu steile Böschungen fahrlässig herbeigeführt worden sein. Dies könnte einen Verstoß gegen das Bundesberggesetz darstellen (dpa 2022).

Der Bergbau weltweit ist schon heute von Folgen des Klimawandels betroffen (vgl. ICMM 2019, Institute for Sustainable Futures 2013). Die Infrastruktur kann dabei durch Extremeereignisse oder deren Umweltfolgen zerstört, der Betrieb unterbrochen oder gar von da an unmöglich werden. Der hohe Wasserbedarf bei der Förderung und Aufbereitung vieler Rohstoffe und die auch klimawandelbedingte Verknappung von Süßwasservorräten wirken sich ebenso schon heute an etlichen Standorten aus. Erheblich sind die Folgen von Flutungen von Bergbaustätten und Dammbrüchen, bei denen toxische Abwässer oder/und Abraum in den Wasserhaushalt eingetragen werden können. Kaskadenartig zeitigen klimabedingte Schäden an Bergbaubetrieben auch negative Folgen in der Umwelt und für den Menschen.

Daraus resultiert die Frage nach den Folgen des Klimawandels für den Bergbau und nach möglichen Anpassungsstrategien. Im Folgenden werden Literatur und Aktivitäten zu beiden Themenfeldern aus dem internationalen und nationalen Raum umrissen.

2. Anpassung der Bergbaus an den Klimawandel: Beiträge aus dem internationalen Raum

Insgesamt sind die Forschung, Konferenzen, Leitfäden und andere Aktivitäten zur Anpassung des Bergbaus an den Klimawandel noch vergleichsweise überschaubar.

Das Nachhaltigkeitsgremium der internationalen Bergbauindustrie, das International Council on Mining & Metals (ICMM), machte jedoch bereits 2013 mit einem Bericht auf die notwendige Anpassung des Bergbaus an den Klimawandel aufmerksam. Bergbaustätten befinden sich demnach häufig an Standorten mit extremen klimatologischen Bedingungen, die zudem vom Klimawandel betroffen sind, wodurch sich der Klimawandel negativ auf die Bergbauindustrie auswirken kann. Dem folgte 2019 ein Sachstandsbericht zur Notwendigkeit und Möglichkeiten der Anpassung seitens des ICMM. Darin sensibilisiert das Gremium die Bergbau- und Metallunternehmen, Klimafolgen in das bestehende Risikomanagement- und Planungsverfahren zu integrieren. Klimarisiken und die Widerstandsfähigkeit von Unternehmen beträfen alle Geschäftsbereiche und Prozesse im Bergbau. Damit ein Unternehmen ein umfassendes Bild von den wichtigsten klimabezogenen Risiken und Chancen gewinnen könne, seien multidisziplinäre Teams sowie der Aufbau von Kapazitäten und die Schulung von Mitarbeitenden notwendig. Die Unternehmen seien auch gut beraten, externe Stakeholder - insbesondere die Gemeinden vor Ort - in die Diskussionen über den Aufbau von Widerstandsfähigkeit und Klimarisiken einzubeziehen. Als Schlüsselthemen stellt der Bericht des ICMM das Wassermanagement und die Schließung und Nachsorge von Minen heraus, die dann weit in die Zukunft hinein von Klimafolgen erfasst werden können. Im Betrieb

befindliche Minen müssen fortlaufend an den Klimawandel und die sich verändernden Szenarien angepasst werden. Die Lieferketten innerhalb der Bergbauindustrie könnten klimawandelbedingt wiederholt unterbrochen werden, etwa wenn der Güterverkehr zu Land und zu Wasser infolge von Extremereignissen beeinträchtigt sei (ICMM 2019).

Im selben Jahr fand 2019 die 15. Jahreshauptversammlung des Intergovernmental Forum on Mining, Minerals, Metals and Sustainable Development (IGF) in Genf, auf der Anpassung das Thema einer eigenständigen „Session“ mit mehreren Vorträgen war. Hier stellte das US-amerikanische Bergbauunternehmen Newmont Corporation seine Klimaschutzbemühungen vor. Es betreibt Minen in Nord-, Mittel- und Südamerika, in Australien und Ghana. Vergangene Extremwetterereignisse hätten das Unternehmen dazu gezwungen, sich damit auseinanderzusetzen, wie solche Risiken gemanagt werden könnten, einschließlich für bereits aufgelassene Minen. Die Bergbauinfrastruktur, etwa 450 Kilometer Erdgasleitungen, müsse resilient gemacht und die Wasserverfügbarkeit adressiert werden (International Institute for Sustainable Development 2019: 4). Die Anpassung an den Klimawandel und die Reduktion von Treibhausgasemissionen werden seitens des Unternehmens als explizite Ziele genannt. Dies sei erwähnt, da längst nicht alle Bergbauunternehmen in ähnlicher Weise öffentlich Position bezogen haben. Gemäß den prognostizierten Klimaänderungen erarbeitete Newmont eine Leitlinie zu Klimarisiken und Anpassung. Laufende Programme und Geschäftsprozesse einschließlich der Schließung von Minen würden darauf ausgerichtet. Als konkrete Maßnahme wird der Aufbau einer Reservekraftwerks mit 32 Megawatt Leistung für Stromausfälle genannt (Newmont 2019). Auch das kanadische Bergbauunternehmen Golder bekennst sich öffentlich zum Klimaschutz und zu Anpassungsbemühungen (Golder 2019). Kenia kündigte auf der Jahreshauptversammlung an, den Bergbau in den Nationalen Anpassungsplan aufzunehmen, nachdem das Land unter ausgeprägten Dürrewellen gelitten hat, die die Bergbautätigkeit beeinträchtigten (Omedo 2019, International Institute for Sustainable Development 2019: 4)

Auf Ebene der Forschungsinstitutionen haben sich vor allem australische Forschungseinrichtungen mit der Frage der Anpassung des Bergbaus an den Klimawandel beschäftigt, nachdem es dort mehrfach zu folgenschweren Flutungen von Minen gekommen war. Allein die Flutereignisse in den Jahren 2010 bis 2011 kosteten den Bundesstaat Queensland 30 Millionen US-Dollar, wovon 2,5 Millionen bei der Bergbauindustrie zu verzeichnen waren. Es kam zu monatelangen Produktionsausfällen und zur Freistellung von Beschäftigten, teils zum fortbestehenden Ausfall von Produktionsstätten etwa nach einem starkregenbedingten Felssturz. Nicht eingerechnet sind die enormen Kosten durch die Folgen verunreinigter Wässer aus den Minen, auf das Trinkwasser, ganz allgemein auf die Umwelt und Gesundheit wie auch für den Reputationsverlust der Betriebe (Institute for Sustainable Futures 2013: 2)

Die Nationale Forschungseinrichtung für Klimaanpassung in Australien veröffentlichte vor diesem Hintergrund bereits 2013 eine Leitlinie für die Bergbauindustrie zur Anpassung an den Klimawandel. Diese fokussiert sich auf die Auswirkungen von Sturz- und Sturmfluten, befasst sich im zweiten Teil aber auch mit den Folgen zunehmender Dürre. An konkreten Fallbeispielen von Bergbaustätten werden Anpassungsmaßnahmen wie der Bau von Deichen und Überführungen über flutgefährdete Senken, die Umleitung von Fließgewässern bei Hochwasser erörtert. Die bergbaulichen Infrastrukturen werden wasserbaulich für Jahrhundert- oder Jahrtausendereignisse gerüstet. Die Leitlinie zeigt zugleich, dass eine Reihe von Bergbauunternehmen (Anglo American, Kuma Iron Ore, Exxaro, Norsk Hydro) Klimasimulationen nutzen, um an ihren Standorten die Risiken für Extremereignisse abzuschätzen. Dies geschieht vor dem Hintergrund wirtschaftlicher

Überlegungen und der Bedrohung durch längerfristige Produktionsausfälle. Erhebliche Auswirkungen hat auch der ansteigende Meeresspiegel. Genannt wird etwa die Anhebung von Produktionsstätten in Katar um zwei Meter zur Vorbereitung auf den ansteigenden Meeresspiegel und um gegenüber zunehmenden Sturmfluten gerüstet zu sein. Auch ein anderer Umgang mit festen und flüssigen Abfällen der Rohstoffförderung kommt in der Leitlinie am Einzelfall zur Sprache: Diese könnten gegenüber Regenwasser versiegelt oder anderweitig abgeschirmt werden. Das würde den Eintrag von Schadstoffen in das umliegende Ökosystem verhindern. Besondere Aufmerksamkeit gilt aufgelassenen Minen – über 50.000 gibt es davon in Australien -, die unter den gegenwärtigen klimatischen Bedingungen als sicher gelten können, unter Extremereignissen jedoch ungekannte Risiken mit sich bringen. Aus ihnen können große Mengen schadstoffhaltiger Wässer in Fließgewässer und in den Oberboden gelangen, wie in Australien in der Vergangenheit bereits geschehen. Die Risiken des Klimawandels stillgelegter Bergbaustätten sind damit eine neue staatliche Herausforderung (Institute for Sustainable Futures 2013).

3. Anpassung der Bergbau an den Klimawandel: Diskussionsbeiträge aus Deutschland

Hierzulande beauftragte das Umweltbundesamt die Institutionen adelphi, das Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu) und das Sustainable Minerals Institute (SMI) der University of Queensland mit einem Forschungsvorhaben zum „Klimawandel und Bergbau“. Darin wird dargelegt, wie sich der Klimawandel auf den Bergbau auswirkt, welche Folgen zu erwarten sind und wie sich diese auf die Rohstoffversorgung auswirken könnten. Anhand von Fallstudien in fünf verschiedenen Ländern, nämlich Australien, Kanada, Chile, Indonesien und Südafrika, kamen die Autoren zu dem Ergebnis, dass Extremereignisse wie auch allmähliche Klimaänderungen Risiken im und durch den Bergbau erhöhen können (Rüttinger 2020).

Extremwetterereignisse stellten dieser Analyse zufolge das größte Risiko dar und zwar losgelöst vom Rohstoff, der geographischen Lage der Stätte und der Klimazone. Flutungen von Untertage- oder Tagebauen unterbrechen die Versorgung und richten einen erheblichen wirtschaftlichen Schaden an. Die Produktions- und Transportinfrastruktur wird zerstört. Gruben und Schächte müssen abgepumpt und von kontaminierten Sedimenten befreit werden. Hinzu kommt eine erhebliche ökologische Gefährdung. Dabei werden auch Schadstoffe aus Abraumhalden oder tiefen geologischen Schichten in die Gewässer eingetragen. Das ist nicht nur für im Betrieb befindliche Abbaustätten, sondern auch für die Nachsorge stillgelegter Standorte etwa im Uranbergbau oder bei Steinkohleminen bedeutsam. Je nach abgebautem Rohstoff nutzen die Betreiber so genannte Absetzbecken, um verunreinigte Wässer aus der Tiefe zu sammeln. Wenn diese bei Extremereignissen in ein Fließgewässer gelangen oder die Rückhaltefunktion anderweitig versagt, kann das mit erheblichen ökologischen Folgen verbunden sein (Rüttinger 2020: 14). Auch weist die Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes auf die Gefahr von Erdrutschen bei extremen Niederschlagsereignissen im Umfeld von Bergbaustätten hin. Zivile Infrastruktur, Verkehrswege und Siedlungen, im Umfeld können dadurch zerstört werden; Menschenleben sind unmittelbar in Gefahr.

Neben den Klimaereignissen wie Dürren, Starkregen und Sturm sind es deren Folgen, die den Bergbau bedrohen können. Das sind Sturz- und Sturmfluten, verstärkte Erosion und Erdrutsche, das Auftauen von Permafrostböden, aber auch Waldbrände, die durch den Klimawandel häufiger auftreten. Brände etwa zerstören menschliche Infrastruktur, auch Produktionsstätten und können

mit der Rauch- und Staubbela stung den Betrieb einschränken, die Gesundheit belasten wie auch die Luftqualität zusätzlich verschlechtern (von Ackern 2019: 2).

Auch der fortschreitende Klimawandel mit einem Trend zu mehr Trockenperioden und ansteigenden Durchschnittstemperaturen führt der Studie zufolge zu Einschränkungen der Bergwerksproduktion – auch hierzulande fallen die Grundwasserstände langfristig. Für die Verhüttung vieler Erze werden große Mengen Wasser benötigt. Die weltweit größte Kupfermine in Chile musste aufgrund einerdürrebedingten Verknappung von Grundwasser in der Vergangenheit bereits ihre Produktion drosseln. In Reaktion darauf betreibt das Unternehmen nun vermehrt Wasserrecycling und nutzt zusätzlich Wasser aus der Meerwasserentsalzung, das dann in die Höhenlagen der Anden zur eigentlichen Bergbaustätte gepumpt wird, was mit einem erheblichen energetischen Aufwand verbunden ist (mündliche Mitteilung: Jan Kosmol, Fachgebiet III 2.2 - Ressourcenschonung, Stoffkreisläufe, Mineral- und Metallindustrie, Umweltbundesamt, 6. April 2022). Das Fallbeispiel verdeutlicht, dass unternehmerische Antworten auf Klimafolgen nicht immer kohärent mit einer Anpassung im Sinne des Klimaschutzes sein müssen.

Mit zunehmender Verknappung des Wassers nehmen regionale Nutzungskonflikte um die Ressource zu. Die Kommunikation zwischen Betreibern von Abbaustätten und den lokalen Gemeinden wird der Analyse im Auftrag des Umweltbundesamtes zufolge daher an Bedeutung gewinnen. An dieser Stelle sei angemerkt, dass auch bergbauliche Tätigkeiten hierzulande erhebliche Mengen Wasser benötigen. Etwa wird Sole gefördert, indem das Gestein unter Tage mit hohem Druck mit Wasser ausgewaschen wird.

Langfristige Klimaveränderungen betreffen auch in besonderem Maße die Nachsorge und Renaturierung stillgelegter Bergbaustätten, da diese weit in die Zukunft reichen und damit mehr und mehr vom Klimawandel betroffen sind. In allen Fallstudien beeinträchtigen die Klimaauswirkungen potenziell die Rekultivierung und Sanierung von Bergbaustandorten. Insofern müssen beispielsweise geplante Renaturierungsmaßnahmen an die sich ändernden klimatischen Bedingungen angepasst werden, damit sie nicht durch Trockenheit gefährdet werden (Rüttinger 2020).

Die Analyse kam auch zu dem Ergebnis, dass der Klimawandel die Versorgung der untersuchten Rohstoffe, konkret: Bauxit, Eisenerz, Kokskohle, Kupfer, Lithium, Platinmetallen, Wolfram und Zinn, verändern kann. Den Autoren zufolge gehören dabei Zinn, Bauxit, Kupfer und Nickel zu den am stärksten gefährdeten Rohstoffen, da große Teile ihrer Produktion und Reserven in Ländern liegen, die stark vom Klimawandel betroffen sind (Rüttinger 2020: 15).

Die konkreten Klimafolgen auf eine Bergbaustätte sind gleichwohl spezifisch. Im Kontext der Präsentation des Forschungsvorhabens forderte das Umweltbundesamt 2019 weitere regionale Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsanalysen. Bergbauunternehmen sowie nationale und regionale Bergbehörden sollten die Anpassung an den Klimawandel in ihre Politik, ihre Strategien und Leitlinien aufnehmen. Der Leitfäden des Umweltbundesamtes zu Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsanalysen (Umweltbundesamt 2017) sowie der internationale ISO-Standard zur Klimaanpassung, ISO 14090, könnten dazu herangezogen werden.

In einem weitergehenden Arbeitspapier geben die Forschungsnehmer des Projektes verschiedene politische Empfehlungen vor, wie der Bergbau Anpassung an den Klimawandel vorantreiben und Anreize dafür gesetzt und Mechanismen gestärkt werden, um das vorhandene Wissen global zu

teilen (von Ackern 2019). Die Unternehmen selbst könnten in Vulnerabilitätsanalysen ihre Klimawandelrisiken ermitteln und spezifische Anpassungsstrategien einleiten. Einen Ausgangspunkt hierfür könnte die Umweltverträglichkeitsprüfung sein, die vor Inbetriebnahme einer Bergbaustätte durchgeführt werde (von Ackern 2019: 4).

Diesen Aspekt fortführend könnten bei der Genehmigung von bergbaulichen Tätigkeiten und der Umweltverträglichkeitsprüfung Klimaszenarien und Wahrscheinlichkeiten für bestimmte Extremwetterereignisse oder Wetterlagen berücksichtigt werden. Die Attributionsforschung liefert die hierfür entscheidenden Daten, indem sie Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten eines Ereignisses und die zugehörigen Unsicherheitsfaktoren ermittelt. Sie passt ihre Berechnungen auch den sich weiterentwickelnden Klimaprognosen an (vgl. Donner, Steinhoff 2021).

Wie schon andere weisen von Ackern et al. in ihrer Empfehlung nochmals darauf hin, dass große Absetzbecken und aufgelassene Tagebaue eine besondere Herausforderung für den Klimawandel darstellen (von Ackern 2019: 5). Diese seien nicht für den Klimawandel ausgelegt. Hierfür fehle es gegenwärtig an regionalen und internationalen Leitlinien. Es wird die Anpassung der BAT-Leitlinien (Best Available Techniques) und der Leitlinien der UN-ECE empfohlen. Unter dem Dach des International Council on Mining and Metals ICMM werde die internationale Leitlinie für die Sicherheit von Abraumhalden (Global Industry Standard on Tailings Management) derzeit entsprechend überarbeitet (von Ackern 2019: 6). Für die Gefährdung, die infolge des Klimawandels von stillgelegten Bergbaustätten ausgehen kann, sei überdies mehr Bewusstsein seitens staatlicher Akteure erforderlich (von Ackern 2019: 8).

3.1. Anpassungsmaßnahmen in Folge der Flutkatastrophe im Ahrtal

Als Konsequenz aus der Flutkatastrophe im Ahrtal werden erste Anpassungsmaßnahmen in den betroffenen Regionen diskutiert. Der Wasserverband Inde und Vicht gibt gegenüber dem Deutschlandfunk an, die beiden gleichnamigen Flüsse renaturieren zu wollen. Im Falle von Hochwasser haben die Wassermassen dann mehr Retentionsraum; die Pegel steigen nicht so stark an, da das Wasserbett viel weiträumiger ist. Nach Angaben des Wasserverbandes Eifel-Rur sind auch neue Rückhaltebecken im Raum der Kommunen Stolberg und Eschweiler geplant. Es werde geprüft, ob stillgelegte Bergwerke selbst gezielt als Retentionsräume genutzt werden könnten, also bewusst geflutet würden. Hierzu stünden jedoch Studien aus (Mrasek 2022). Insbesondere hinsichtlich der Schadstoff- und Salzgehalte erscheint eine solche Maßnahme fraglich und ist aus dem internationalen Raum nicht als bewährte Anpassungsoption dokumentiert.

3.2. Novellierung der Bergbaustrategie in Sachsen

Das Bundesland Sachsen verfügt als einziges der 16 deutschen Bundesländer über eine Bergbaustrategie, der derzeit novelliert wird. Auf Anfrage, inwieweit dabei Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel berücksichtigt werden, teil das zuständige Sächsische Oberbergamt mit, dass man eine Anpassungsmaßnahme des Bergbaus angesichts des drastisch steigenden Rohstoffbedarfs für klimagünstige Hochtechnologien auch in einer Rückorientierung sehe - auf einen Bergbau in Deutschland, in Europa nach höchsten Umwelt-, Sicherheits- und Sozialstandards, verankert im deutschen Bergrecht (per E-Mail Sächsisches Oberbergamt vom 7. April 2022).

4. Literatur- und Quellenverzeichnis

Donner, Susanne; Steinhoff, Christine (2021). Extremwetterereignisse: Klimawandel und Anpassungsstrategien, Aktueller Begriff vom 24. August 2021, online abrufbar unter: <https://www.bundestag.de/resource/blob/855678/52d43b6cc6c3f4170cc578f02564b45b/Wetter-Extrem-data.pdf> (Stand: 19.04.2022)

dpa - Deutsche Presseagentur (2022). Zerstörungen nach Erdrutsch: Durchsuchungen bei Kiestagebaubetreiber von Erftstadt. 11.01.2022, online abrufbar unter: <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/flutkatastrophe-zerstoerungen-nach-erdrutsch-durchsuchungen-bei-kiestagebaubetreiber-von-erftstadt/27965094.html> (Stand: 04.04.2022)

Golder (2019). Mining and Climate Change: Where Technical Meets Practical, Draft outline for discussion, 26. September 2019.

ICMM – International Council on Mining and Metals (2019). Adapting to a changing climate. 2019, online abrufbar unter: https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/environmental-stewardship/2019/guidance_changing-climate.pdf (Stand: 12.04.2022)

International Institute for Sustainable Development (2019). 15th AGM of the Intergovernmental Forum on Mining, Metals and Minerals and Sustainable Development. 13. Oktober 2019, In: IGF Bulletin, 210, 20.

Institute for Sustainable Futures (2013). Adapting to climate risks and extreme weather: A guide for mining and minerals industry professionals. 2013, online abrufbar unter: https://opus.lib.uts.edu.au/bitstream/10453/30973/1/Mason_2013_A_guide_for_mining_and_minerals_industry.pdf (Stand: 11.04.2022).

Mrasek, Volker (2022). Pläne zum Schutz vor künftigen Jahrhundertfluten. 13.11.2022, online abrufbar unter: <https://www.deutschlandfunk.de/jahrhunderthochwasser-im-ahrtal-100.html> (Stand: 04.04.2022)

Newmont (2019). Intergovernmental Forum Annual Meeting Climate Adaptian and Mining. Powerpoint-Präsentation.

Omedo, Geoffrey (2019). IGF: Climate Change Adaption and Mining. Powerpoint-Präsentation.

Rüttinger, Lukas (2020). Impacts on Climate change on mining, related environmental risks and raw material supply. Juni 2020, online abrufbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_106-2020_impacts_of_climate_change_on_mining_related_environmental_risks_and_raw_material_supply.pdf (Stand: 06.04.2022)

Von Ackern, Pia et al. (2019). Addressing climate change impacts on mining. Working Paper IGF-AGM 2019, 27. September 2019.

Umweltbundesamt (2017). Leitfaden für Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsanalysen. Februar 2017, Dessau, online abrufbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/uba_2017_leitfaden_klimawirkungs_und_vulnerabilitätsanalysen.pdf (Stand: 19.04.2022)

* * *