

# Ingenieurgeologische Bewertung von Gefahren und Risiken im Altbergbau

## Geological engineering valuation of danger and risk in the field of abandoned mining

Dr.-Ing. habil. Günter Meier <sup>1</sup>

### Zusammenfassung

Bei der ingenieurgeologischen Bewertung von Schadenspotentialen im Altbergbau bildet die Klassifizierung nach Risikoklassen anhand von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß die Grundlage. Darauf fußt eine behördlich gebundene Gefahreuzuordnung und die Veranlassung von ingenieur- und bergtechnischen Maßnahmen. Fachtechnische Definitionen auf wissenschaftlich-technischer Basis ermöglichen eine einheitliche Herangehensweise und Vergleichbarkeit der Bewertungsergebnisse zwischen verschiedenen altbergbaulich beeinflussten Gebieten.

**Schlüsselworte:** Risiko, Gefahr, Schaden, Sicherheit, Altbergbau, ingenieurgeologische Bewertung

### Abstract

The categories of risk in terms of probability and measure of damage are the base of the geological engineering valuation in the field of abandoned mining. Hereon rests the governmental allocation of danger and the instigation of engineering and mining measures. Technical definitions of scientific or technical base enable a consistent approach and the comparability of the valuation of different areas affected by abandoned mining.

**Key words:** risk, danger, damage, safety, abandoned mining, valuation

## 1 Einleitung

In den historischen Bergbaurevieren tritt eine Vielzahl von differenzierten altbergbaulich bedingten Schadensbildern an der Tagesoberfläche auf, die zu einer unterschiedlichen Beeinflussung der öffentlichen Sicherheit führen. Häufig ist dabei auch eine Verzahnung mit verschiedenen Georisiken (z. B. Rutschung, Karst, Extremniederschlag) zu beobachten. Die schadenwirksamen Ereignisse zeigen bei der ingenieurgeologischen Risikobewertung, dass ein einheitliches fachtechnisches Bewertungsniveau auf einer wissenschaftlich-technischen Basis unumgänglich und zwingend für eine Quantifizierung notwendig ist. Die Basis einer ingenieurgeologischen Bewertung von Gefahren und Risiken im Altbergbau aber auch bei Georisiken bilden genetisch bezogene Definitionen.

## 2 Wichtige Definitionen

### *Schaden*

Als Schaden wird die nachteilige Verletzung, Minderung und Verlust eines Gutes, wie Leben, Gesundheit, Sach- und Geldwerte sowie Beeinträchtigungen von Natur und Umwelt bezeichnet (MERZ 2006).

### *Versagen*

Beim Versagen bringt ein System nicht die festgelegte Leistung. Eine Vielzahl von Mechanismen und Über-

lagerungen von Ereignissen und Prozessen führen zum Versagen (MERZ 2006). Im Allgemeinen dominiert eine Hauptursache, die von zahlreichen abgestuften Nebenursachen begleitet oder überlagert werden kann. Ein Versagen einer Schachtverwahrung kann z. B. in einem nicht langzeitstabilen Verwahrungshorizont oder statisch nicht ausreichend bemessenen Verwahrungskörper begründet sein. Ebenso können z. B. durch geodynamische Prozesse auch Stollenausbauten, die als dauerhafte Sicherungsmaßnahme ausgeführt wurden, mit der Zeit ihre stützende Wirkung verlieren.

### *Gefahr*

Eine sehr divergierende Meinungsvielfalt existiert zum Begriff „Gefahr“. Die Ursachen liegen hauptsächlich in den sehr unterschiedlichen Definitionen der verschiedenen Fachgebiete begründet, die den Begriff „Gefahr“ nutzen. So wird dieser Begriff in der Verwaltung, Rechts-, Sozial-, Betriebs-, Geo- und Ingenieurwissenschaft sowie im Bereich Arbeitssicherheit sehr verschiedenartig verwendet. Dabei werden beispielsweise noch konkrete und abstrakte Gefahr, Anschein Gefahr und Putativgefahr (Schein Gefahr) unterschieden. Die Inhalte, Betrachtungsweisen und Standpunkte sind deshalb sehr unterschiedlich, teilweise nicht vergleichbar oder sogar divergent. Eine unzulässige Gleichsetzung mit dem Begriff „Risiko“ tritt nicht selten auf. Für die fachspezifische Bearbeitung von Altbergbauproblemen ist nur eine begriffliche Bezugnahme mit naturwissenschaftlich-technischen Inhalten zielführend (MEIER 2007).

<sup>1</sup> Dr.-Ing. habil. G. Meier, Ingenieurbüro Dr. G. Meier, Am Schirmbach 7, 09600 Wegefardth, [www.dr-gmeier.de](http://www.dr-gmeier.de)

Für die Definition der *Gefahr* im Bereich des Altbergbaus ergeben sich folgende inhaltliche Schwerpunkte:

Zustand, der durch seine Labilität zu einer raschen Veränderung mit negativer Auswirkung auf eine oder mehrere Schutzgüter (Person, Sache oder Umwelt) führen kann. Das Ereignis steht unmittelbar bevor oder es hat bereits begonnen („Gefahr im Verzug“). Darauf fußt eine behördlich gebundene Gefahrenzuordnung und die umgehende Veranlassung von ingenieur- und bergtechnischen Maßnahmen.

Um eine Gefahr bzw. einen Schaden abzuwenden, ist in der Regel stets ein sofortiges Handeln erforderlich (Gefahrenabwehrmaßnahmen). Im Altbergbau ist diese Sachlage beispielsweise bei Tages- und Schachtverbrüchen oder bei Riss- und Spaltenbildungen über verbrechendem Hohlraum gegeben, was grundsätzlich unmittelbare Erstsicherungsmaßnahmen (z. B. Absperrung, Evakuierung, bergtechnische Sofortmaßnahme) notwendig macht.

### Gefährdung

Im Altbergbau ist eine Gefährdung ein Zustand, bei dem sich durch natürliche geodynamische Prozesse oder durch anthropogene Einwirkungen der altbergbaulich beeinflusste Bau- und Untergrund so verändert, dass beim Zusammenreffen dieser Prozesse mit einem Schutzgut eine Gefahr entsteht und sich möglicherweise ein Schaden einstellt.

### Risiko

Der Begriff „Risiko“ kommt in mehreren Fachgebieten mit verschiedenen Sichtweisen zur Anwendung und unterliegt ebenfalls einer fachspezifischen Anpassung. So werden u. a. Objektrisiko, Individualrisiko und Kollektivrisiko unterschieden (MERZ 2006). Die Inhalte divergieren stark und dienen unterschiedlichen Zielstellungen und Betrachtungsweisen. Für die Belange des Altbergbaus sind vorrangig die Objektrisiken von größter Bedeutung. Die einzelnen Schutzgüter oder anders formuliert – Mensch, Güter, Umwelt – unterliegen durch eine differenzierte Intensität, Wahrscheinlichkeit, Exposition und Anfälligkeit den verschiedenartigen altbergbaulich bedingten Einwirkungsmechanismen an der Tagesoberfläche.

Für den quantitativen Begriff „Risiko“ ergibt sich folgende allgemeine numerische Definition (DIN VDE 31000-2):

$$\text{Risiko} = \text{Eintrittswahrscheinlichkeit} \times \text{Schadensausmaß}$$

Als Eintrittswahrscheinlichkeit wird auch der Begriff Eintrittshäufigkeit verwendet. Die Eintrittshäufigkeit eines altbergbaulich bedingten Ereignisses wird in Anzahl pro Zeiteinheit angegeben. Das Schadensausmaß eines unerwünschten Ereignisses kann in Personen-, Sach- und Finanzschaden unterteilt werden (MERZ 2006). Eine qualitative und quantitative Zuordnung trägt einen hohen subjektiven Faktor, wenn nicht verbindliche Vorgaben vorliegen. In der Abbildung 1 ist der Zusammenhang zwischen Restrisiko, Grenzzisiko und Ausgangsrisiko dargestellt.

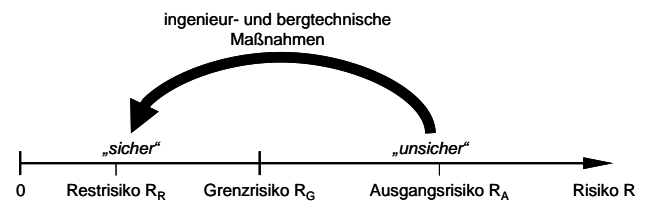


Abb. 1: Zusammenhang zwischen Restrisiko, Grenzzisiko und Ausgangsrisiko

Innerhalb eines altbergbaulich beeinflussten Gebietes kann kein risikofreier Zustand erreicht werden. Es bleibt stets ein Restrisiko bestehen. Dies ist auch dann der Fall, wenn beispielsweise alle bekannten bergmännischen Hohlräume mit Beton verfüllt oder Schächte nach dem Stand der Technik verwahrt sind. Ein bergbaulich unbeeinflusster Zustand lässt sich damit nicht erreichen, da die bergbaulichen Aktivitäten und deren Veränderungen nicht umkehrbar sind. So sind beispielsweise bergbaubedingte Gebirgsauflockerungen, Absenkungen der Tagesoberfläche oder die Gebirgsentwässerung durch Wasserlösestellen nicht rückgängig zu machen („Ewigkeitslast“). Ebenfalls sind unbekannte bergmännische Hohlräume trotz indirekter und direkter Erkundungsmaßnahmen nicht vollständig auszuschließen.

Die Lage des Grenzzisikos bestimmt den Punkt zwischen „sicher“ und „unsicher“. Auch diese Größe ist im Allgemeinen schwer fassbar und unterliegt erheblichen subjektiven Einflüssen oder es fehlen verbindliche Vorgaben.

Es wird oft die Frage gestellt, wann wird ein Risiko zur Gefahr? Diese Fragestellung ist nicht zielführend, da die verschiedenen fachlichen Inhalte der beiden Begriffe einen direkten Vergleich nicht zulassen. So kann selbst in einem Bereich mit niedrigen altbergbaubedingten Risiken ein Tagesbruch auftreten, der dann eine Gefahrenstelle ist.

Auf der Grundlage eines Algorithmus können 4 Risikoklassen ausgewiesen werden, die nach dem Ampelprinzip auf Karten dargestellt werden (MEIER et al. 2004).

### Sicherheit

Unter Sicherheit wird ein relativer, qualitativer Zustand der Gefahren- und Risikofreiheit verstanden, der stets nur für einen bestimmten Zeitraum, eine Umgebung oder unter bestimmten Bedingungen vorhanden ist. Restrisiken können nicht völlig ausgeschlossen werden, selbst ein sicheres System kann versagen (MERZ 2006). Die Definition der „Sicherheit“ aus naturwissenschaftlich-technischer Sicht erlaubt, die inhaltlichen Bewertungsfaktoren für das Grenzzisiko einzuengen.

Nach ROGALL & SCHROEDER (2006) ergibt sich eine Abhängigkeit zwischen Sicherheitsgewinn und Kostenaufwand (Abb. 2). Eine 100 % ige Sicherheit ist trotz sehr hoher Kostenaufwendungen nicht erreichbar. Als Lösung schlagen die Autoren vor, ein regional und fachlich zuständiges Gremium zu bilden sowie einheitliche ingenieurgeologische Standards zu entwickeln und dabei verbindliche Sicherheitsanforderungen unter Beachtung von wirtschaftlich und technisch sinnvollen Aspekten aufzustellen.

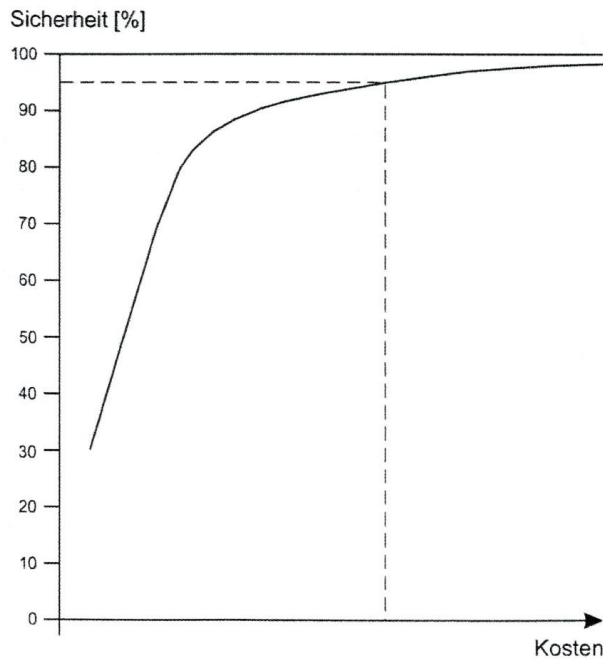


Abb. 2: Beziehung zwischen Sicherheitsgewinn und Kostenaufwand (ROGALL & SCHROEDER 2006)

### 3 Anwendungen

Bei den ingenieurgeologischen Bewertungen von altbergbaulichen Hinterlassenschaften werden die Risikoklassen nach einer Matrix bestimmt, beschrieben und in Karten differenziert dargestellt (Abb. 3).

Die Eintrittswahrscheinlichkeit von altbergbaulich bedingten Erscheinungsbildern wird durch folgende Hauptfaktoren bestimmt:

- Dauerstands- und Verbruchverhalten des Gebirges über dem Hohlraum und von Pfeilern im Grubenbau
- Geometrische Verhältnisse der Grubenbaue
- Mächtigkeit des Deckgebirges
- Hydrogeologische Situation (z. B. Stand des Bergwasserspiegels und dessen Veränderungen, geochemische Bedingungen)
- Hydrologische Einflüsse (z. B. Extremniederschläge, Hochwasser)
- Statische und dynamische Einwirkungen (z. B. Maschinenfundament, Verkehr)
- Geodynamische Prozesse (z. B. Verwitterung, Erdbeben, Auslaugung)
- Bereits durchgeführte bergtechnische Sicherungs- und Verwahrungsarbeiten

Einen wichtigen auslösenden Einfluss auf die Eintrittswahrscheinlichkeit üben die Wasserverhältnisse und die jeweilige Nutzung an der Tagesoberfläche aus. Bei der Analyse der Eintrittswahrscheinlichkeit sind die „inneren“ und „äußeren“ Einwirkungsfaktoren untrennbar verbunden. Die geotechnisch-markscheiderische Risikobewertung ist deshalb nur für den Bearbeitungszeitpunkt im vollen Umfang gültig. Unter Berücksichtigung zurückliegender Intensitäten und Häufigkeiten der Ereignisse lassen sich jedoch nur begrenzt Prognosen ableiten. Die altbergbaulich

bedingten Erscheinungsbilder sind zeitlich nicht exakt vorhersagbar, da ihre Genese gesetzmäßige und zufällige Komponenten enthält.

Bei der Einstufung des Schadensausmaßes sind Schäden an Personen, Sachgütern, Finanzen und der Umwelt zu berücksichtigen. Auch hier sind nutzungsbezogene Kriterien zum Bearbeitungszeitpunkt Bestandteil der Bewertung.

Bei der Ausgliederung der Risikoklasse werden die einzelnen altbergbaulich bedingten Erscheinungsbilder allseitig bewertet und einer sogenannten Positionsnummer zugeordnet, die bezogen auf das jeweilige Bearbeitungsblatt im Uhrzeigersinn fortlaufend vergeben wird.

Bei der Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit und des Schadensausmaßes sind im Vorfeld zielorientierte und aufgabenbezogene Abgrenzungen zu definieren. Nach dem Stand der Technik werden verwahrte Altbergbaurelikte keiner Risikoklasse zugeordnet, da sie in der betrachteten Nutzungsart in der Regel keinen Einschränkungen mehr unterliegen. Jedoch verbleibt der Bereich dauerhaft in einem altbergbaulich beeinflussten Gebiet mit dem entsprechenden Restrisiko.

Im Rahmen von geotechnisch-markscheiderischen Bewertungen von altbergbaulichen Hinterlassenschaften steht neben der Risikozuordnung stets die Frage nach der Größe, Lage und Intensität der Einwirkungsparameter von möglichen Schadensereignissen auf die Tagesoberfläche. Daraus leitet sich insbesondere die Frage ab, wie groß die beeinflusste Fläche ist, um insbesondere die öffentliche Sicherheit und die Sicherheit der Tagesoberfläche bei der jeweiligen Nutzungsart zu gewährleisten. Grundsätzlich zeigt sich dabei, dass nur differenzierte, objektbezogene Betrachtungen, unter Berücksichtigung der Nutzungsverhältnisse und auf der Grundlage hinreichender Vermessungsunterlagen, den besten Erfolg versprechen. Je unklarer die Verhältnisse sind, umso größer sind die notwendigen Sicherheitsfaktoren anzusetzen. Die Zone um das ausgewiesene Altbergbauobjekt als „Aura“ wird dadurch in den meisten Fällen größer. Dies macht sich vor allem auch dann erforderlich, wenn keine hinreichend genaue untertägige Vermessung vorliegt und Lageungenauigkeiten zu berücksichtigen sind. Da die Deformations- und Verbruchprozesse maßgeblich von geodynamischen Prozessen beeinflusst werden, muss bei den geotechnischen Betrachtungen ein festgelegtes Deformations- bzw. Verbruchstadium der Einwirkungen auf die Tagesoberfläche zugrunde gelegt werden. Die Bewertung ist dadurch grundsätzlich stets datumsbezogen. Ein typisches Erscheinungsbild ist hierfür die Analyse von Tagesbrüchen. Insbesondere ist die „Wiederbelebung“ von alten Verbrüchen und Gebirgsdeformationen von tagesnahen altbergbaulich bedingten Erscheinungsbildern als zeitbezogener Vorgang zu beachten. Ein hoher Kenntnis- bzw. Erkundungsstand vom Altbergbauobjekt verbessert den geotechnischen Bewertungsgrad maßgeblich. Ein **Einwirkungsbereich über Altbergbau** oder **altbergbaulich überprägter Einwirkungsbereich** ist an der Tagesoberfläche die Zone, wo altbergbaulich bedingte Erscheinungsbilder bereits vorliegen oder auftreten können und ihren schadenswirksamen Einfluss unmittelbar hinterlassen. Der Einwirkungsbereich kann nur über bekannte Altbergbaustrukturen ausgewiesen werden, dem dann auch die entsprechende Risikoklasse (Abb. 3) zuzuordnen ist.

Sicherheit	Risikoklasse	Charakteristik	Handlungsbedarf
„Unsicher“	<b>I (rot)</b>	Sehr hohes Risiko (z. B. große aktive Gesteins- und Gebirgsbewegung, große Standwasserbildung im Abflussbereich)	<b>Umgehender Handlungsbedarf</b> , operative ingenieur- und bergtechnische Maßnahmen
	<b>II (gelb)</b>	Hohes Risiko (z. B. mittlere bis kleinere aktive Gesteins- und Gebirgsbewegung, mittlere bis kleinere Standwasserbildung im Abflussbereich)	<b>Zeitnaher, planmäßiger Handlungsbedarf</b> für ingenieur- und bergtechnische Maßnahmen
	<b>III (grün)</b>	Mittleres Risiko (z. B. inaktive Gesteins- und Gebirgsbewegung, unbekannte altbergbauliche Objekteigenschaften)	<b>Klärungsbedarf</b> , Monitoring (Beobachtung und Kontrolle)
Grenzrisiko			
„sicher“	<b>IV (blau)</b>	Dauerhaft gesichertes Objekt, Verbleib des Restrisikos, ungehinderter Wasserabfluss, auch Nachnutzung des Objektes	<b>Monitoring, bei Bedarf Wartung</b>
	<b>entfällt</b>	Verwahrt oder keinen Einfluss auf die Sicherheit an der GOK, Verbleib des Restrisikos	<b>Keine Maßnahmen</b> , nur in Sonderfällen Kontrolle des Verwahrungszustandes

Abb. 3: Inhalt der Risikoklassen (vereinfacht)

An der Tagesoberfläche wird dieser Bereich unter Berücksichtigung der bergbaulichen Situation, den ingenieurgeologischen und tektonischen Verhältnissen sowie den gebirgsmechanischen Eigenschaften des Deckgebirges abgegrenzt (MEIER et al. 2004). Neben den gesetzmäßigen Erkenntnissen können auch empirische Werte und Erfahrungen bei der Grenzziehung des Einwirkungsbereiches Eingang finden. Keine Zuordnung erhalten verwahrte Grubenbaue zu einem Einwirkungsbereich, da sie unter der jeweiligen Nutzungszuordnung keinen schadensrelevanten Einfluss auf die Tagesoberfläche über einen langen Zeitraum mehr ausüben werden. Das Gleiche gilt für sehr tiefliegende Grubenbaue, deren Einwirkung auf die Tagesoberfläche bei der vorgegebenen Nutzung auszuschließen ist. Bei Nutzungsänderungen ist eine Neubewertung erforderlich.

Grundsätzlich lassen sich Einwirkungsbereiche empirisch anhand von Erfahrungswerten und statistischen Analysen oder numerisch auf der Basis von boden- und felsmechanischen Kennwerten, strukturgeologischen Analysen und Rechenansätzen festlegen. Verschiedene Bruch- und Deformationsmodelle bilden dabei die Grundlage der numerischen Betrachtungen (MEIER, G. & MEIER, J. 2007). In Abhängigkeit von der Geländenutzung werden notwendige Erkundungs- und Sanierungsarbeiten empfohlen. Dabei ergeben sich Prioritätenlisten als Grundlage der Bearbeitungsreihenfolge von altbergbaulich bedingten Schadensbildern im jeweiligen Untersuchungsgebiet (MEIER et al. 2004).

Zur Gewährleistung der öffentlichen Sicherheit sind aus behördlicher Sicht im Altbergbau bei einem Schadensereignis stets grundsätzlich zur Schadensabwehr Sofortmaßnahmen erforderlich. Nach einer Erstsicherung und damit der Gefahrenabwehr kann dann dieser altbergbaulich beeinflusste Bereich einer ingenieurgeologisch-markscheiderischen Bewertung mit einer differenzierten Risikozonierung unterzogen werden. Dies stellt dann die Grundlage für weiterführende behördlich gebundene Gefahreneurteilungen und differenzierten Untersuchungen sowie bergtechnische Maßnahmen dar.

## Literatur

DIN VDE 31000-2 (1987-12): Allgemeine Leitsätze für das sicherheitsgerechte Gestalten technischer Erzeugnisse – Begriffe der Sicherheitstechnik Grundbegriffe

MEIER, G. ET AL. (2004): Empfehlung „Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau“ des Arbeitskreises 4.6 der Fachsektion Ingenieurgeologie der DGGT e.V. – Tagungsband 4. Altbergbau-Kolloquium, 04. bis 06.11.2004, Leoben, Anhang S. 1 – 23, Verlag Glückauf, Essen

MERZ, B. (2006): Hochwasserschutz. Grenzen und Möglichkeiten der Risikoabschätzung. - Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller) Stuttgart

ROGALL & SCHROEDER, U. (2006): Erhaltung und Sanierung von Böschungen im Mittelrhein- und Moseltal.- Felsbau 24, 5, S. 120 – 126

MEIER, G. (2007): Zur aktuellen Tätigkeit der Arbeitsgruppen des AK 4.6 „Altbergbau“ –Stand der Arbeiten und Problemschwerpunkte-. –Tagungsband 7. Altbergbau-Kolloquium, 08.-10.11.2007, Freiberg, S. 9-15, VGE Verlag, Essen

MEIER, G.& MEIER, J. (2007): Erdfälle und Tagesbrüche – Möglichkeiten einer numerischen Modellierung.- Bull. angew. Geol. 12/1, S. 91-103